



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



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



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

Marisa González Montero de Espinosa
Ángel Herráez Sánchez
(editores)

Comité editorial

Marisa González Montero de Espinosa

Coordinadora del Seminario de Ciencias. Colegio Oficial de Docentes de la Comunidad de Madrid.

Grupo de Investigación de la Universidad Complutense de Madrid «Valoración de la condición nutricional en las poblaciones humanas» (<https://epinut-ucm.es> <https://epinut.org.es>).

Ángel Herráez Sánchez

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

Comité científico

Esther Cascarosa Salillas

Facultad de Educación de la Universidad de Zaragoza

Ana García Moreno

Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid

Patricio Gómez Lesarri

RSEF. Profesor de Secundaria, IES Ramiro de Maeztu

Ángel Herráez Sánchez

Universidad de Alcalá

Noemí López Ejeda

Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid

Miguel Ángel Madrid Rangel

Profesor de Secundaria, Departamento de Biología y Geología

María Dolores Marrodán Serrano

Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid

Pablo Pardo Santano

Coordinador de Prácticas de los grados de Magisterio en Centro Universitario Cardenal Cisneros

Miriam Pérez de los Ríos

Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid

Gabriel Pinto Cañón

RSEQ. ETS de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid

José Vidal Núñez

Profesor 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.

Grupo de Investigación EPINUT de la Universidad Complutense de Madrid

Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid

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

Real Sociedad Española de Física (RSEF).

Real Sociedad Española de Química (RSEQ).

Real Sociedad Matemática Española (RSME).

Grupo Editorial SM.

Índice

Prólogo	5
Contribuciones invitadas	9
<i>La sostenibilidad en el curriculum docente: Los ODS y la Agenda 2030 en perspectiva</i> Martínez Carrión, José Miguel	11
<i>Tradición e innovación en la enseñanza de las ciencias en España</i> Tomás Cardoso, Rafael	19
Materiales y experiencias científico-tecnológicas en el aula	29
<i>Una carrera de relevos científica. Una propuesta de ludificación en el aula</i> Fernández Rodríguez, Lorena	31
<i>Cómo transformar el aula en un entorno de aprendizaje activo mediante el empleo de actividades basadas en el Método POGIL: una experiencia desde la asignatura de Etología</i> Novelle, Marta G.; Sánchez Román, Inés; Gómez Boronat, Miguel; Marco, Eva M.	37
<i>Tensegriidades: un contenido transversal para todos los niveles</i> Durand Cartagena, Estibalitz; Gil Cid, Esther; Hernández García, Elvira; Perán Mazón, Juan	47
<i>Mirando con otros ojos: reflexiones pragmáticas de la Química desde las áreas de ciencias de la salud e ingenierías</i> Gómez Mejía, Esther; Vicente Zurdo, David	57
<i>Estrategias y recursos para el aprendizaje significativo e interdisciplinar de la termodinámica en Primaria</i> González Pérez, Sara; Eff-Darwich Peña, Antonio; Álvarez Arteaga, Iván; Díaz León, María Betsabé; Berazategui Tricánico, Mariana	65
<i>Evaluación de la conciencia ambiental en futuros profesores de Educación Secundaria y sus implicaciones</i> Laso Salvador, Sandra; Ruiz Pastrana, Mercedes	69
<i>Primer prototipo del Proyecto Engi-EDU: introduciendo las prácticas epistémicas de ingeniería en las aulas de Educación Infantil y Primaria</i> Novo Molinero, Maite; Uriz Doray, Irantzu; Salvadó Belart, Zoel	77
<i>Acercando la enfermedad renal a las escuelas: impacto de un programa piloto de educación sanitaria para mejorar los conocimientos en salud</i> Ojeda Ramírez, M ^a Dolores; García Marcos, Sergio; Manso del Real, Paula; Audije Gil, Julia; Arenas Jiménez, M ^a Dolores	85
<i>"Viaje alucinante": una propuesta interdisciplinar con la que aprender de forma contextualizada ciencias y Lengua</i> Pascual, Virginia; Pérez, Leticia; Palacios, Alicia	95
Actividad docente desarrollada fuera del aula	101
<i>Aprendiendo sobre polímeros en las distintas etapas educativas</i> Alcázar Montero, Victoria; Pinto Cañón, Gabriel	103
<i>Proyecto Médula: un proyecto de aprendizaje servicio</i> Alonso Martínez, Ana; Fernández González, Mercedes	111

La celebración de efemérides como ocasiones para el fomento del interés por la ciencia en alumnos de Secundaria: el laboratorio "terrorífico" en Halloween Díaz Guervós, Pilar	119
El proyecto ecosocial "Oasis de Mariposas": recurso con múltiples posibilidades de integración curricular en Secundaria Díaz Guervós, Pilar; Callejón García, Soledad	127
Más allá del bicarbonato y el vinagre: sencillos recursos didácticos para explicar la erupción de La Palma Eff-Darwich Peña, Antonio; Díaz León, María Betsabé; Rodríguez de Vera, Caterina; González Pérez, Sara; Álvarez Arteaga, Iván; Berazategui Tricanico, Mariana	135
Doctorandos co-tutelando trabajos de fin de grado: formación del futuro docente universitario Figuer Rubio, Andrea; Valera Arevalo, Gemma; Ramírez Chamond, Rafael; Carracedo Añón Julia; Alique Aguilar, Matilde	143
Práctica docente con la Colección de Antropología Esquelética de la Universidad Complutense de Madrid Figuroa Torrejón, Ambra; Pérez de los Ríos, Miriam	151
Simulación de casos reales para la formación de dietistas nutricionistas: experiencia práctica en el aula García Campos, Cecilia; Acevedo Cantero, Paula	159
Nos vamos a Marte: un reto interdisciplinar para motivar y aplicar el método científico González Pérez, Sara; Eff-Darwich Peña, Antonio; Goded, Alejandra	165
Utilidad de la cultura popular y los mitos de terror como herramienta para la divulgación de la Química Jiménez Falcao, Sandra; Méndez Arriaga, José Manuel	171
El Concurso de Cristalización en la Escuela: una red de saberes y competencias Martín García, Jorge; Dies Álvarez, María Eugenia	177
Colores, pigmentos y pinturas Martínez Pons, José Antonio	185
Tematización de los contenidos de Química General de primer curso en grados de ciencias: Una travesía por el Caribe Español a principios del siglo XVIII Méndez Arriaga, José Manuel; Jiménez Falcao, Sandra	193
"Mercurius praecipitatus per se": Historia y didáctica de la Química en un tubo de ensayo Moreno Martínez, Luis	199
Paseos divulgativos: integrando la metodología de Aprendizaje-Servicio en la educación STEAM Pinto Cañón, Gabriel; Alcázar Montero, Victoria; Martín Conde, María	207
"Ciencia en la Escuela", investigación científica en el aula Ramos, Marta; Narváez, Iván; Alvarado, Rosa; Fernández-Silgado, Candela; Calés, Carmela	219
Los riesgos naturales y su gestión: experiencia en un aula de Secundaria en Canarias Rodríguez de Vera, Caterina; Eff-Darwich Peña, Antonio	227
El "Escape Room" como herramienta de motivación en el proceso de enseñanza-aprendizaje Rodríguez Henche, Nieves; Román Curto, Dolores; Herráez Sánchez, Ángel; Díez Ballesteros, José C.; Recio Aldavero, Jorge; Muñoz Moreno, Laura; Puebla Jiménez, Lilian; Bajo Chueca, Ana M.	235
Trabajo colaborativo como estrategia para mejorar el interés y la motivación de los estudiantes en Inmunología y Análisis Clínicos Suárez González, Luz M ^a ; Martínez de Toda Cabeza, Irene; Guerra Pérez, Natalia; Félix Escalera, Judith; Carracedo Añón, Julia M ^a ; Peláez Martínez, Teresa; González Arana, Eva M ^a	241

<i>Incorporando la gestión de la sostenibilidad en las enseñanzas regladas: propuestas para una didáctica de la sostenibilidad y los criterios ESG</i> Tomás Cardoso, Rafael	247
<i>¿Cómo representan los estudiantes de ESO las formas de dispersión de las semillas? El dibujo libre para detectar ideas alternativas y evaluar conocimientos científicos</i> Yubero Martínez, Miguel; Fesharaki, Omid; García Frank, Alejandra	255
Enseñanzas STEM 3.0. Aplicaciones docentes de las TIC	263
<i>Análisis de los aspectos fundamentales para la realización de enlaces de comunicaciones a través de constelaciones de satélites de órbita baja (LEO) para Internet de las Cosas (IoT)</i> Berzal Fernández, José Andrés; Ramiro Bagueño, Julio; Carrero Espinosa, Julia J.	265
<i>Utilidad de la herramienta digital Wooclap en ciencias de la salud: ¿cumple con las expectativas?</i> Cano Barquilla, María Pilar; Pérez de Miguelanz, María Juliana; Fernández Mateos, María Pilar; Virto Ruiz, Leire; Bringas Bollada, María; Jiménez Ortega, Vanesa	273
<i>Aprendizaje basado en problemas y el uso de la realidad aumentada en el tema de anatomofisiología en el nivel medio superior</i> Cruz Reyes, Luis Daniel; Urrutia Aguilar, María Esther	281
<i>Descubrimiento guiado de la teoría RPECV aplicada a moléculas orgánicas</i> De la Fuente Fernández, Almudena	289
<i>Trabajar el ciclo celular en 4º de ESO con Objetos Digitales Educativos (ODE) abiertos, accesibles, y bilingües español-inglés</i> Maroto Gamero, Rafael Miguel; Sánchez Sánchez, Noelia	295
<i>La realización de entrevistas a profesionales de inmunología fomenta el interés y la motivación de los estudiantes por la asignatura de Inmunología y Análisis Clínicos</i> Martínez de Toda Cabeza, Irene; Suárez González, Luz María; Guerra Pérez, Natalia; Félix Escalera, Judith; Valera, Gemma; Carracedo Añón, Julia María; Peláez Martínez, Teresa; González Arana, Eva María	303
<i>Luces, Realidad Aumentada y ¡Acción! Una exposición didáctica para salvar el puente entre lo visible y el modelo de conocimiento</i> Méndez García, Ainhoa; Uriz Doray, Irantzu	309
<i>Explorando la ingeniería genética y la biotecnología a través de recursos educativos virtuales</i> Narváez, Iván; Escaso, Fernando; Herrero, Óscar; Novo, Marta; Ortega, Francisco; Pérez-Martín, José Manuel; Planelló, Rosario; Aquilino, Mónica	317
<i>Aplicación de TIC y salida de campo en la enseñanza de la Geología para una educación sostenible</i> Pérez de los Ríos, Miriam	327
<i>El concepto de energía a través del diseño de un tobogán en un contexto STEAM en la transición Primaria-Secundaria</i> Rodríguez Romero, Nicolás; Pueyo Anchuela, Óscar; Martín García, Jorge	337
<i>Utilización de la experimentación en futuros profesores de Educación Primaria para el aprendizaje significativo de la didáctica de las Ciencias Naturales y la densidad</i> Serrano Amarilla, Natalia; Yanes Gómez, Adán; Cueto Revuelta, María José	345
<i>¡No me cuentes cuentos y hablemos de ciencia! Analizando el rigor científico en los medios de comunicación: una aproximación práctica en la asignatura de Fisiopatología y Farmacología</i> Suárez González, Luz M ^a ; Martínez de Toda Cabeza, Irene; Félix Escalera, Judith; Peláez Martínez Teresa; Orta Ruiz, Alberto; Valera Arévalo, Gemma; Carracedo Añón, Julia M ^a ; Novelle, Marta G.	353
ÍNDICE DE AUTORES	361
PALABRAS CLAVE	363
KEYWORDS	365

Prólogo

Como decano del Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de la Comunidad de Madrid, Colegio Profesional de los Docentes, y como profesor, siento una gran satisfacción cada vez que los objetivos previstos para una actividad de formación permanente del profesorado se materializan. Este es el caso de la publicación que nos ocupa, en gran parte, fruto del trabajo de nuestro Seminario Didáctico Permanente de Ciencias. Su esfuerzo y dedicación son evidentes, y su aportación perdurará en el tiempo a través de esta obra.

El Colegio Oficial de Doctores y Licenciados mantiene un firme compromiso con el desarrollo profesional del profesorado. En un contexto de cambios constantes en el ámbito científico y social, nuestra misión es apoyar a los docentes, ofreciéndoles herramientas para actualizar sus conocimientos y adaptarse a las nuevas demandas educativas. Fomentamos la formación continua y la innovación pedagógica, convencidos de que una enseñanza moderna y eficaz es crucial para que nuestros estudiantes reciban una educación de calidad y acorde con los retos del siglo XXI. Consideramos que acompañar al profesorado en su evolución profesional no es solo una responsabilidad, sino también un orgullo y un pilar fundamental de nuestra labor.

La formación del profesorado no nos la planteamos como simplemente una tarea técnica, es una verdadera obra de arte y un proceso vitalicio. Ya el maestro Plutarco (350-432), filósofo neoplatónico de principios del siglo V, decía que "La mente no es un recipiente que se llena, sino una llama que se enciende, porque el conocimiento auténtico despierta y se expande por sí mismo. Como una chispa que prende, este aprendizaje se convierte en la guía que ilumina nuevos caminos, impulsa la búsqueda de la verdad y fomento de la independencia del pensamiento. Porque una mente encendida es como una antorcha que arde con pasión propia, iluminando con curiosidad e impulsada por el deseo de comprender y cuestionar el mundo. Así, la educación debe avivar esa llama, inspirando a cada uno a desarrollar su propia luz y a encontrar sus propias respuestas. Tal mente no se contenta con lo aprendido, desafía y transforma todo cuanto alcanza."

En definitiva, el conocimiento verdadero no se limita a acumular datos, sino a despertar un impulso por descubrir y reflexionar; para lograr que cada individuo desarrolle su propio potencial. Consecuentemente, nuestra misión como educadores es inspirar, motivar y cultivar la curiosidad y el amor por el conocimiento en nuestros estudiantes. A través de la formación permanente, buscamos también las oportunidades que nos permiten encender ese fuego en nosotros mismos, para renovar nuestras propias pasiones y habilidades. Esta perspectiva nos recuerda que el aprendizaje no tiene fin. Debemos estar siempre abiertos a nuevas ideas, metodologías y enfoques que enriquezcan nuestro quehacer pedagógico. En este sentido, el mantenimiento activo de una veintena de Seminarios Didácticos Permanentes, por iniciativa del Colegio Oficial, es coherente con nuestra forma de ver la formación. Los Seminarios son espacios donde los lazos profesionales se fortalecen y donde profesores de diferentes niveles educativos se unen en busca de un objetivo común.

Estos Seminarios son internivelares para evitar el muro, en ambas direcciones, que con frecuencia parece existir entre unos y otros niveles del sistema educativo. Consideramos que, para superar estos muros, es crucial abandonar la percepción errónea de que los Maestros de Educación Infantil y Primaria y los Profesores de Educación Secundaria ocupan un escalón inferior. De hecho, desempeñan un papel fundamental en el éxito académico posterior de los estudiantes. Las diferencias en los métodos de enseñanza y aprendizaje entre la Educación Secundaria y la Educación Superior son notables, como notables son las diferencias de edad del alumnado y los sistemas de acceso a los diferentes niveles. La excelencia del sistema educativo se logra cuando todos los niveles educativos colaboran y los docentes trabajan en conjunto, centrándose en las necesidades y expectativas de los estudiantes. La profesión docente es una sola, y aunque cada etapa escolar involucra a diferentes estudiantes, currículos y contenidos, el objetivo sigue siendo el mismo: ayudar a los alumnos a convertirse en ciudadanos bien formados, preparados y emocionalmente equilibrados. También proponemos romper los muros que pudieran existir entre Letras y Ciencias, entre Ciencias y Humanidades si lo prefieren, incluyendo áreas de Humanidades en los currículos de Ciencias y viceversa. En este sentido invitamos a considerar que todos los estudiantes de Ciencias deberían tener formación específica en Humanidades. Igualmente, los currículos de Humanidades deberán incluir formación específica de Ciencia y Tecnologías, ya que la formación y uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son elementos básicos para el desarrollo de cualquier actividad de la vida cotidiana en la época que nos ha tocado vivir.

Estamos de acuerdo con el informe del Instituto Internacional de Planeamiento de la Educación de la UNESCO, que sostiene que las tecnologías informáticas y otros aspectos de la cultura digital han transformado la forma en la que las personas viven, trabajan, juegan y aprenden, lo cual también ha repercutido en cómo se construye y distribuye el conocimiento y el poder en todo el mundo. Docentes y estudiantes que no dominan la cultura digital se encuentran cada vez en una situación de mayor desventaja. Por lo tanto, la formación digital –las competencias necesarias para buscar, discernir y producir información, así como la utilización crítica de los nuevos medios para participar plenamente en la sociedad– se han convertido en un elemento clave dentro de los programas curriculares.

Como es natural, este no es un tema exento de polémica. Las opiniones van desde quienes consideran que la tecnología es la panacea en la enseñanza, hasta quienes la rechazan de forma categórica. Desde este Colegio Profesional de Docentes, respaldamos el uso de la tecnología como una herramienta al servicio de los profesionales en su formación y en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, entendemos que, en el ámbito educativo, la tecnología debe complementar la labor del docente, pero nunca reemplazarla. Este enfoque es una preocupación constante en nuestros cursos de formación permanente. En ellos, tratamos de dotar al profesorado del conocimiento suficiente para diseñar y ajustar adecuadamente los programas escolares, de manera que los contenidos y el uso de las tecnologías se adapten al desarrollo evolutivo de los alumnos, especialmente de los más pequeños, y para equilibrar el uso de las tecnologías de acuerdo con su madurez intelectual y emocional, pero siempre con la interacción profesional del docente. Asimismo, consideramos esencial que tanto profesores como estudiantes tengan acceso a recursos y formación adecuados para utilizar eficazmente la tecnología en sus aulas y en sus hogares. En el ámbito de las Ciencias, este tema cobra especial importancia, debido a las oportunidades que ofrecen la inteligencia artificial y el uso educativo de herramientas digitales emergentes.

Centrándonos en la implementación de nuevas tecnologías y metodologías didácticas en el aula para mejorar la enseñanza de las Ciencias, algunos trabajos de esta publicación destacan

el uso de la realidad aumentada y los laboratorios virtuales como medios eficaces para hacer más accesible el conocimiento científico. Estas tecnologías permiten a los estudiantes aplicar los conceptos aprendidos a la resolución de problemas reales, fomentando su capacidad crítica y analítica. Además, ofrecen la posibilidad de visualizar estructuras y sistemas complejos, como los del cuerpo humano, de forma interactiva y detallada, lo cual facilita una comprensión más profunda y motiva al alumnado al conectar la teoría con sus aplicaciones prácticas y reales.

Otros trabajos se han enfocado en las actividades pedagógicas fuera del aula, subrayando la importancia de las experiencias extraescolares y extracurriculares. Vivencias, como las excursiones científicas y las visitas a museos, permiten a los estudiantes conectar los contenidos teóricos con la realidad de manera tangible, enriqueciendo el aprendizaje y haciéndolo más significativo. Estas actividades refuerzan el conocimiento adquirido, y también despiertan el interés y la curiosidad de los estudiantes, fomentando en ellos una motivación genuina por aprender.

Más recientemente se están explorando también las aplicaciones de las TIC en la enseñanza de las disciplinas STEM bajo el concepto "STEM 3.0", una evolución que integra en el proceso educativo las tecnologías emergentes de manera más profunda. A diferencia de los enfoques anteriores, STEM 3.0 enfatiza la aplicación práctica de estas tecnologías para crear experiencias de aprendizaje más interactivas, personalizadas y accesibles. Se han presentado nuevas formas de integrar tecnologías digitales en los entornos educativos, promoviendo un aprendizaje más dinámico y personalizado. Estas herramientas enriquecen la experiencia educativa, y también permiten a los estudiantes experimentar de forma inmersiva con conceptos complejos, facilitando una comprensión más profunda y estimulando su curiosidad.

Las herramientas tecnológicas han demostrado ser fundamentales en la educación actual. Las experiencias pedagógicas muestran cómo la incorporación de tecnologías avanzadas está transformando las aulas y permitiendo a los estudiantes interactuar con el conocimiento de una manera más significativa. Este enfoque facilita el aprendizaje, y prepara a los estudiantes para un mercado laboral cada vez más digitalizado. Sin embargo, es importante aplicar estas tecnologías con equilibrio y sentido crítico, respetando los fundamentos pedagógicos que han guiado la enseñanza de las Ciencias a lo largo del tiempo. La tradición y la innovación deben complementarse para garantizar una educación de calidad.

Consecuentemente, podemos concluir también que, aunque las nuevas tecnologías ofrecen posibilidades fascinantes, deben ser aplicadas con equilibrio y sentido crítico. Hacemos hincapié en la importancia de no perder de vista los fundamentos pedagógicos tradicionales que han guiado la enseñanza de las Ciencias durante años. La innovación no debe desvincularse de la tradición educativa, sino complementarla, para asegurar que las metodologías tradicionales y los avances contemporáneos cooperen para conseguir una enseñanza más efectiva y accesible.

Es decir, la Ciencia y la Tecnología son campos en constante evolución, y la educación debe avanzar al mismo ritmo. No obstante, lo que permanece inmutable es la necesidad de formar personas críticas, creativas y responsables, capacitadas para enfrentar los desafíos tecnológicos, y para contribuir al bienestar global desde una perspectiva sostenible. La combinación de tradición, innovación y sostenibilidad será esencial para asegurar que la educación en Ciencias y Tecnología siga siendo eficaz. Gracias a sus aportaciones, estamos construyendo la identidad de la profesión docente actual.

Para finalizar, quiero felicitar y agradecer de manera especial a los coordinadores de esta publicación. Los profesores Marisa González Montero de Espinosa y Ángel Herráez Sánchez son un verdadero ejemplo a seguir en el ámbito académico. Marisa, profesora de Educación Secundaria, y Ángel, profesor en la Enseñanza Universitaria, han dedicado años de esfuerzo y compromiso a trabajar en conjunto, buscando soluciones a los retos educativos. En un entorno

donde, como decía antes, es habitual la confrontación entre niveles educativos, ellos han optado por la cooperación y el diálogo, demostrando que la colaboración entre profesores de distintos niveles es clave para mejorar la cualificación profesional de los docentes y la calidad de la enseñanza.

Su actitud es digna de admiración, y también de elogio. En lugar de señalar diferencias, han demostrado que el trabajo conjunto y el respeto mutuo son esenciales para lograr verdaderos avances en la educación. Marisa y Ángel han dejado una huella inspiradora, en los grupos de trabajo en los que intervienen, y también como líderes que nos recuerdan el valor de la cooperación.

Asimismo, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos cuantos han aportado sus trabajos para este libro, que recoge sus experiencias docentes y sus estrategias de innovación educativa. Su generosidad al compartir sus ideas y sus prácticas ha sido fundamental para el éxito del trabajo colaborativo que debe imperar en nuestra profesión. Además, solo a través de la práctica y la experiencia podemos comprobar el verdadero valor de las teorías educativas y su aplicabilidad. Gracias a sus aportaciones, estamos reforzando la identidad de la profesión docente, basada no solo en el conocimiento teórico, sino en su implementación efectiva. Su participación fortalece este espacio de aprendizaje, y nos impulsa a seguir adelante como una comunidad educativa comprometida con la mejora continua.

Por último, resulta oportuno recordar a un colega excepcional: Carl Edward Sagan, astrónomo, astrofísico, cosmólogo, escritor y destacado divulgador científico. Finalizamos con sus palabras porque, además de su brillante trayectoria como científico, Sagan fue profesor en la Universidad de Harvard y en la Universidad de Cornell. Una de sus frases más célebres resume su visión de la Ciencia: *"La Ciencia es una manera de pensar, es mucho más que un cuerpo de conocimientos"*.

Amador Sánchez Sánchez

*Decano del Colegio Oficial de Doctores y Licenciados
en Filosofía y Letras y en Ciencias de la Comunidad de Madrid*

Contribuciones invitadas

LA SOSTENIBILIDAD EN EL CURRÍCULUM DOCENTE: LOS ODS Y LA AGENDA 2030 EN PERSPECTIVA

José Miguel Martínez-Carrión

Grupo de Innovación Docente de Historia Económica, Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. jcarrion@um.es

Palabras clave: sostenibilidad curricular; ODS; universidad española; historia económica; innovación docente.

Keywords: curricular sustainability; SDGs; Spanish university; economic history; teaching innovation.

Resumen

Se destaca la importancia que tienen los proyectos de sostenibilización curricular y la implementación de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) en el estudiantado. En el marco de los proyectos impulsados por el Grupo de Innovación Docente de Historia Económica (GIDHE) de la Universidad de Murcia se persiguen tres objetivos: **1)** Profundizar en los conocimientos teóricos y prácticos relacionados con los ODS que dinamicen el proceso de aprendizaje de la asignatura. **2)** Alentar la participación de los estudiantes en las actividades de clase sobre ODS y fomentar las habilidades de comunicación, de expresión oral y escrita de los estudiantes. **3)** Sensibilizar a los estudiantes sobre la sostenibilidad y concienciar acerca de la importancia de alcanzar una sociedad más sostenible.

Abstract

The importance of curricular sustainability projects and the implementation of the Sustainable Development Goals (SDGs) among students is emphasized. Within the framework of the projects promoted by the Economic History Teaching Innovation Group (GIDHE) at the University of Murcia, three objectives are pursued: **1)** To deepen both theoretical and practical knowledge related to the SDGs, enhancing the learning process of the subject. **2)** To encourage student participation in classroom activities related to the SDGs and to foster their communication, oral, and written expression skills. **3)** To raise student awareness of sustainability and emphasize the importance of achieving a more sustainable future.

INTRODUCCIÓN

La universidad española es un actor clave para promover el desarrollo humano sostenible y está comprometida institucionalmente con la Agenda 2030 desde 2019. En marzo de ese año, el Pleno de la Comisión Sectorial de CRUE-Internacionalización y Cooperación -reunido en la Universidad de La Laguna- creó una Comisión Intersectorial para impulsar los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y aprobó las Directrices de la Cooperación Universitaria al Desarrollo para el periodo 2019-2030. Los ODS, conocidos también como Objetivos Mundiales, se adoptaron en septiembre de 2015 por los estados de 193 países en el marco de las Naciones Unidas (ONU) para transformar el mundo y comprometerse “en favor de las personas, el planeta y la prosperidad” [1].

Con objetivos tan amplios y globales, ¿cómo contribuye la universidad a su consecución? ¿qué hacemos los docentes universitarios? Es verdad que los ODS constituyen un programa muy ambicioso en torno al desarrollo sostenible. No es tarea fácil para un plazo tan corto. Más todavía si echamos la vista atrás con perspectiva de muy largo plazo, como la del oficio de historiador económico. Disminuir la desigualdad, el hambre, la pobreza y alcanzar un estado de cooperación global que fomente la calidad ambiental del planeta y el bienestar para todo el mundo es un camino que tiene largo recorrido. Como refleja la dinámica histórica, no se consigue de la noche a la mañana, requiere tiempo, compromiso y esfuerzo y, desde luego, de políticas e instituciones propicias e inclusivas [2].

Al cabo de 10 años de la puesta en marcha de la Agenda 2030, los objetivos marcados por la ONU han encontrado numerosos inconvenientes. Nuevos conflictos bélicos, guerras comerciales, epidemias y pandemia han provocado crisis económicas, sanitarias y alimentarias, además del sufrimiento que conlleva las secuelas del calentamiento global que ha afectado a todo el mundo en los últimos años. A estas alturas sabemos que será tarea imposible cumplir con la agenda para 2030. A pesar de ello, la universidad, a través de la docencia y la investigación, puede y debe alentar la sostenibilidad y promover herramientas que ayuden a eliminar las externalidades negativas del progreso económico, como la desigualdad y el deterioro del medio ambiente. Nadie discute que la consecución del desarrollo económico sostenible es compatible con la generación de riqueza y su redistribución más equitativa y con un desarrollo social que tenga en cuenta los valores humanos, el acceso a los recursos y el bienestar.

Las universidades, como agentes de cambio, abordan los ODS desde todas las esferas: docencia, investigación y transferencia a la sociedad. Las instituciones educativas desempeñan un papel crucial debido a su capacidad para influir en la sociedad y formar profesionales que lideren las transformaciones necesarias para alcanzar un desarrollo sostenible. Afrontar la sostenibilidad en las aulas implica preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos de un mundo globalizado en constante cambio [3]. La idea de formar profesionales capaces de liderar transformaciones hacia la sostenibilidad se establece en el Real Decreto 822/2021 del Ministerio de Universidades: los egresados universitarios estarán alineados con los ODS para enfrentar los desafíos contemporáneos de manera holística [4].

LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ODS EN LA UNIVERSIDAD

En mayo de 2024 se celebraron en la Universidad de Murcia las XXXIV Jornadas de la Comisión Sectorial de CRUE-Sostenibilidad. Se mostró que la universidad española ha desarrollado una gran capacidad de colaboración con otras administraciones públicas, instituciones, entidades y empresas para implementar las buenas prácticas de los campus en sostenibilidad. La conclusión fue apostar por mayores alianzas con la sociedad civil, que deben contemplarse de forma integrada en los planes de sostenibilidad de las universidades españolas [5], como establecía el Ministerio de Universidades en 2021.

Desde la CRUE se alienta una educación de competencias para tomar decisiones informadas y responsables, así como promover la conciencia sobre los desafíos que plantea la globalización y el respeto por la diversidad y la cultura de paz. Las universidades han hecho avances para integrar la sostenibilidad en sus planes de estudio desde hace varias décadas [6]. La sostenibilización curricular ha ganado impulso en los últimos años. Muchos docentes ya han integrado los ODS en sus asignaturas, aunque los esfuerzos aún son insuficientes según algunos estudios.

La Universidad de Murcia (UMU) es una de las instituciones de educación superior que se adhirió tempranamente al programa de Naciones Unidas. Lo viene haciendo desde el curso 2018-19 bajo el liderazgo del proyecto “ODSesiones”. Se trata de un proyecto transversal que, con actividades específicas cada mes, “une a facultades, centros, ONG, administraciones públicas, empresas, expertos, investigadores y estudiantes para crear conciencia de la situación en la que vivimos y tratar de mejorarla”. El calendario de actividades comenzó a comienzos de 2019 y lleva dos ediciones (1ª edición: 2019-2021; 2ª edición: 2022-2025) [7]. En la actualidad, la UMU ya integra la sostenibilización curricular en las guías docentes de las asignaturas.

El objetivo viene siendo integrar el espíritu del desarrollo sostenible en el diseño y desarrollo de los contenidos disciplinares. Ha sido alentador el compromiso con los ODS en los últimos cuatro años, que ha permitido que la UMU figure entre las universidades del mundo que más apuestan por el desarrollo sostenible. De acuerdo con la clasificación de sostenibilidad *THE Impact Rankings 2024*, que elabora anualmente la institución británica *Times Higher Education (THE)*, la UMU se sitúa en el intervalo 201-300 de las universidades del mundo en cuanto a su compromiso con los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), habiendo figurado en el rango 101-200 desde 2022. En 2024 obtiene su mejor nota con una puntuación global, lo que la coloca entre las instituciones de enseñanza superior que más contribución desempeñan para el cumplimiento de los ODS [8].

La Facultad de Economía y Empresa de la UMU está inmersa en esta tarea y en septiembre de 2020 creó un grupo de trabajo a propósito con un proyecto piloto para la elaboración de mapas de sostenibilidad. Diversos estudios realizados en disciplinas relacionadas con empresa y economía han identificado diferentes

niveles de desarrollo en el dominio de competencias de sostenibilidad por el estudiantado de primer año, siendo el objetivo ayudar a los docentes a reducir las brechas en dichas competencias y priorizar estrategias de enseñanza dirigidas a superar el déficit de conocimiento sobre sostenibilidad [9, 10].

Desde hace cinco años, en la asignatura de Historia Económica Mundial que se imparte en diferentes grados de las Facultades de Derecho, Economía y Empresa, y Ciencias del Trabajo, un pequeño equipo de profesores promovemos el conocimiento de los ODS dotándolos de perspectiva como historiadores económicos. Al principio, fue un compromiso modesto, una experiencia piloto, pero en los últimos años es firme, convencidos de la importancia de difundir la sostenibilidad a la comunidad universitaria y la sociedad. Nuestro compromiso con los ODS es total en el ámbito docente: movilizar y concienciar a los estudiantes sobre la importancia de la Agenda 2030. Creemos que, independientemente de la temática en la que estamos especializados y de cualquier ámbito docente, dar a conocer los ODS en nuestras asignaturas, en la medida que los contenidos lo permitan, es un tema apasionante y necesario cuando vemos la enorme problemática del entorno que nos rodea [11].

¿POR QUÉ EN HISTORIA ECONÓMICA?

La Historia Económica, disciplina a caballo entre la historia y la economía, o si se prefiere entre las ciencias sociales y las ciencias humanas, es una asignatura que permite identificar los ODS y dotarlos de una perspectiva dinámica. Enseñamos cómo desde la revolución industrial las sociedades escaparon del hambre y la pobreza, cómo conquistaron la salud y el bienestar e impulsaron la educación de calidad y la equidad de género; por qué persiste la desigualdad e incluso aumenta; por qué es necesaria la innovación y el trabajo decente junto con el consumo responsable. Estos y otros procesos han sido pilares básicos del cambio económico, del progreso y del desarrollo económico sostenible. También destacamos por qué el cambio climático se aceleró con la difusión de la industrialización y por qué estamos abandonando la energía contaminante e incorporando las energías renovables en las empresas, en los hogares y en la vida cotidiana. No menos importante es subrayar el valor de la cooperación internacional y de las alianzas por la paz en la historia contemporánea.

El enfoque multidisciplinar y de largo plazo de la asignatura permite entender las causas históricas de problemas globales, como la desigualdad, el agotamiento de recursos o el cambio climático. Al estudiar cómo han evolucionado a lo largo del tiempo, los estudiantes pueden desarrollar una comprensión más profunda de su impacto actual y abordarlos desde un enfoque más integral. De algún modo se refleja en las guías docentes de la asignatura *“aportar conocimientos básicos sobre los determinantes de los niveles de vida y del desarrollo económico en el muy largo plazo, así como el instrumental necesario para comprender las rutas del crecimiento económico y del bienestar humano”*. Destacamos también la necesidad de comprender *“la importancia que tienen las instituciones, las políticas públicas y la dinámica de los mercados para escapar de la pobreza e impulsar la innovación y la prosperidad económica”*. Entre los principales objetivos de la asignatura se subrayan los siguientes ODS [en corchete, su relación con ellos]:

- *Aprender la dimensión histórica del crecimiento económico, del bienestar humano y la desigualdad.* Este enunciado está relacionado con los ODS 1: Fin de la pobreza, ODS 2: Hambre cero, ODS 3: Salud y bienestar, ODS 4: Educación de calidad, ODS 5: Igualdad de género, ODS 6: Agua limpia y saneamiento, ODS 7: Energía asequible y no contaminante, ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico, y ODS 10: Reducción de las desigualdades.
- *Comprender el papel de las instituciones y de las políticas públicas.* El enunciado está relacionado con el ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas; y ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos.
- *Conocer el origen de los mercados modernos de capital y trabajo, así como los procesos de integración económica y globalización.* Está relacionado con el ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico, ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles; y ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos.
- *Reconocer la importancia que tienen la innovación y el cambio tecnológico en el crecimiento y la competitividad.* Relacionado con el ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.
- *Analizar los cambios en el consumo y la demanda y su impacto en la economía y el bienestar.* Con el ODS 12: Producción y consumo responsables, pero también con el ODS 3: Salud y bienestar y ODS 4: Educación de calidad.

La implementación de los ODS se ha enmarcado en varios proyectos de acciones de innovación y mejora docente, incorporando metodologías colaborativas y participativas para el alumnado. El primer proyecto fue “ODSesiones de Historia Económica (ODShe)”, puesto en marcha en 2020. El segundo fue “HISTECO2030: La Historia Económica en la perspectiva de la Agenda 2030”, en 2023. Ambos han permitido profundizar en los conocimientos teóricos y prácticos relacionados con los ODS y dinamizar el proceso de aprendizaje de la asignatura. Para lograr una mayor participación del alumnado contribuyó el proyecto “GamHeco: Gamificación en la evaluación del aprendizaje de Historia Económica y dinamización de la clase magistral”. Finalmente, manejamos la Inteligencia Artificial para explorar contenidos relativos a la asignatura también relacionados con los ODS en el proyecto “HISTECO-GenAI”. El manejo de la inteligencia artificial en clase invertida para el aprendizaje en Historia Económica”.

La suma de estos ‘proyectos de innovación docente’ ha supuesto una mayor asistencia y participación de los estudiantes en las actividades de clase, conocer los ODS y fomentar las habilidades de comunicación, expresión oral y escrita. Pero no menos importante viene siendo sensibilizar y concienciar a los estudiantes sobre la sostenibilidad. Para ello realizamos debates específicos en las clases teóricas y en las prácticas desarrollamos actividades mediante grupos de trabajo formados por cuatro estudiantes. Una parte de la realización de prácticas -sean individuales o grupales- se llevan a cabo identificando temáticas ODS desarrolladas en los temas. Por último, se realizan trabajos colaborativos con dinámicas diferentes en cada uno de los grupos, dependiendo del tamaño de la clase (número de estudiantes matriculados), que luego se defienden en público con presentaciones orales al final del curso.

En la elaboración de los trabajos grupales o cooperativos ha sido fundamental el uso de bases de datos y repertorios estadísticos en abierto, de fácil acceso en internet. Cabe mencionar la de *Maddison Historical Statistics*, con series históricas de PIB per cápita y población para todos los países, que desde 2010 edita el *Groningen Growth and Development Centre* [12]. La base de datos *Clio Infra Project. Reconstructing Global Inequality* [13], elaborada por la OCDE, y la publicación titulada *How Was Life? Global Well-being since 1820* muestra las tendencias a largo plazo en el bienestar global desde 1820 para 25 países principales y 8 regiones del mundo que cubren más del 80% de la población mundial. Esta base es importante para el estudio dinámico de los ODS porque reflejan los cambios de las otras dimensiones del bienestar, más allá del PIB, como la estatura humana, la esperanza de vida, la educación, la seguridad personal o la desigualdad de género [14]. Finalmente, *Our World in Data (OWD)* [15] contiene indicadores políticos además de los económicos y sociales y alberga amplia información sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En la actualidad es una fuente de referencia para organizaciones internacionales, incluida la OMS.

LA VALORACIÓN DEL ALUMNADO SOBRE LOS ODS. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Desde el curso 2020-21 realizamos encuestas al alumnado sobre el impacto de los proyectos de implementación de los ODS [16]. Comprobamos el interés que tienen para la asignatura y su preocupación personal. Antes de comenzar el curso se preguntó el grado de conocimiento que tenían sobre los ODS (**figura 1**). En el promedio 2020-24 casi dos tercios del alumnado no los conocían, pero en el último curso 2023-24 cambió la tendencia, probablemente debido a que están llegando a la universidad los estudiantes con formación de contenidos ODS tras la LOMLOE que entró en vigor en 2021.

Al finalizar el mismo se plantearon cinco cuestiones:

1. ¿Qué ODS guardan más relación con la asignatura?
2. ¿Qué ODS se han tratado más en clase?
3. ¿Qué ODS te han parecido más interesantes?
4. ¿Qué ODS tendrían que haberse desarrollado o explicado con más profundidad?
5. ¿Qué ODS te preocupan más?

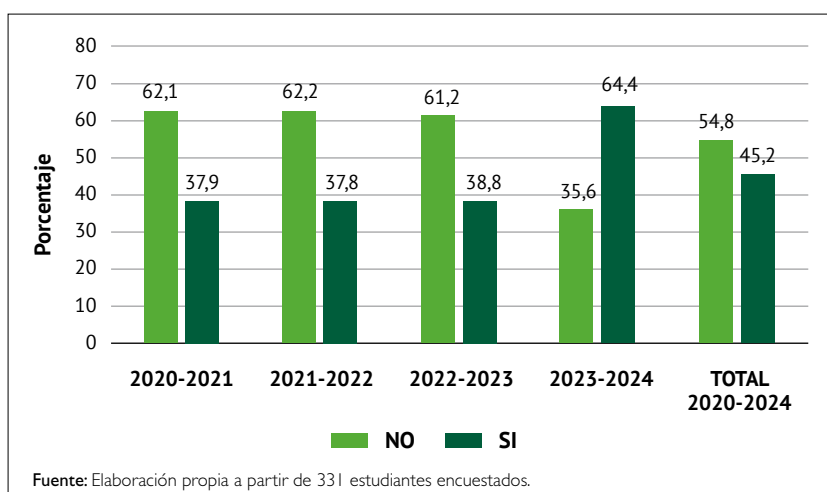


Figura 1. Evolución del conocimiento de los ODS por el alumnado, cursos 2020-2024.

En todas las preguntas se marcaba de mayor a menor relación o interés. Los resultados muestran que hay bastante correspondencia entre los ODS y los planteamientos de la asignatura (**figura 2**). Priorizan los que guardan más relación con los modelos de crecimiento económico, los mercados de trabajo, la educación de calidad o formación de capital humano, así como la evolución de la pobreza, junto con las dinámicas históricas de la conquista de la salud, del bienestar humano y la desigualdad.

Entre los ODS mejor tratados en clase (**figura 3**), figuran en primer lugar los ligados al bienestar, la pobreza y los factores de la industrialización y del crecimiento económico, como la educación y la innovación. De algún modo están en relación con los procesos de cambio tecnológico, incluyendo las infraestructuras de transporte y comunicación que mejoran los intercambios y el comercio internacional, al menos, desde la primera globalización, aspectos planteados en los seis temas que contiene la asignatura y con mayor énfasis en los tres últimos. Compruébese que el papel de las instituciones y de las alianzas para conseguir objetivos también ocupa protagonismo, al igual que la producción y el consumo responsables.

Entre los ODS más interesantes (**figura 4**), el alumnado encontró los ligados a aspectos del bienestar y la salud, la pobreza, el papel de la innovación y la educación de calidad y la reducción de las desigualdades, respuestas consistentes con los ODS tratados en clase y que más relación guardan con las temáticas de la asignatura. Sin embargo, a la pregunta de cuáles tendrían que haberse desarrollado con más profundidad (**figura 5**), resulta alentador que propongan la educación de calidad, la igualdad de género y el trabajo decente en primer lugar.

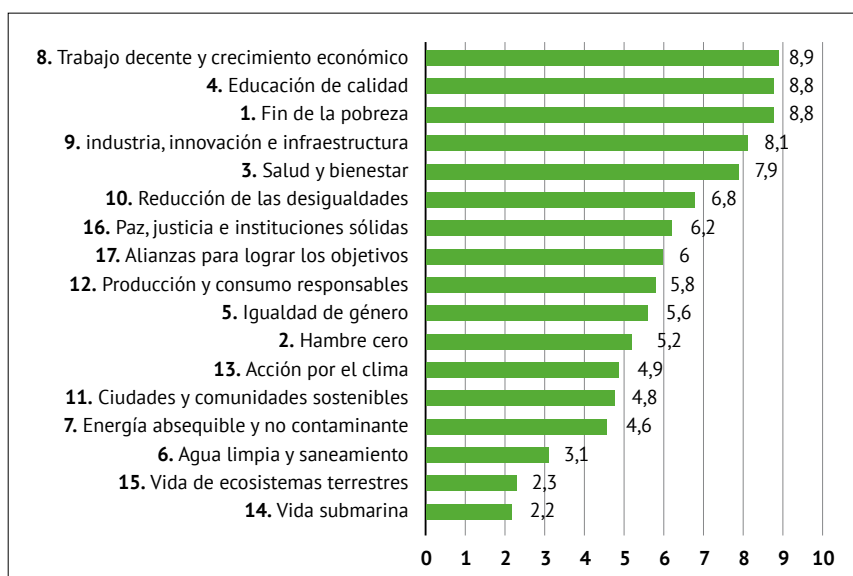


Figura 2. Los ODS que guardan más relación con la asignatura.



Figura 3. Los ODS que más se han tratado en clase.

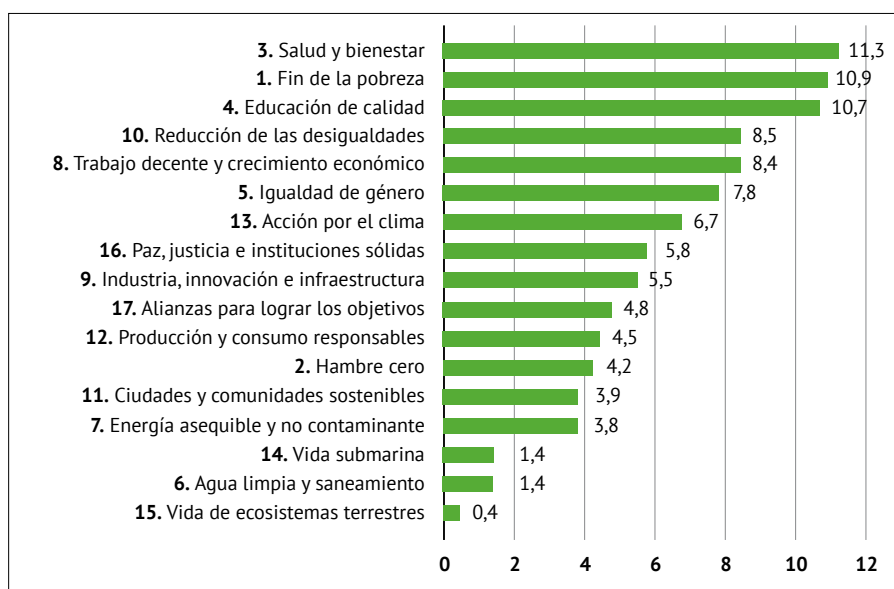


Figura 4. Los ODS que han conseguido más interés.

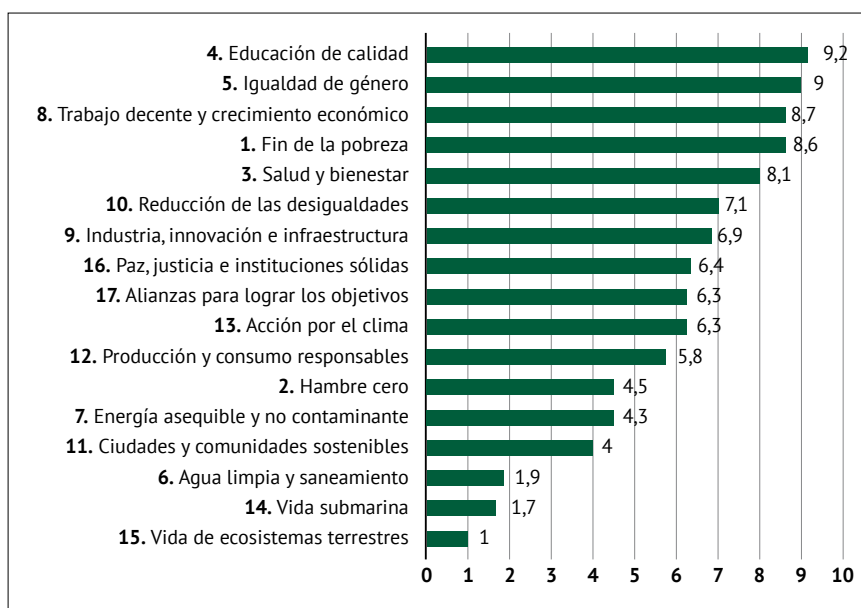


Figura 5. Los ODS que deben analizarse con más profundidad.

Por último, entre los que más preocupan (figura 6) sobresalen el fin de la pobreza (ODS 1), la igualdad de género (ODS 5), la salud y bienestar (ODS 3), seguidos a continuación de la educación de calidad (ODS 4), la acción por el clima (ODS 13) y hambre cero (ODS 2). Le siguen la reducción de las desigualdades (ODS 10) y el trabajo decente en el crecimiento económico (ODS 8). A distancia, en un rango medio, figuran la dotación de instituciones sólidas, la energía asequible, la producción y el consumo responsables, agua limpia y saneamiento y las ciudades sostenibles (ODS 16, 7, 12 y 6), respectivamente. Los resultados de la encuesta tienen interés para futuras planificaciones docentes. Pero también su grado de compromiso con valores y acciones que van 'más allá del PIB' y la riqueza.

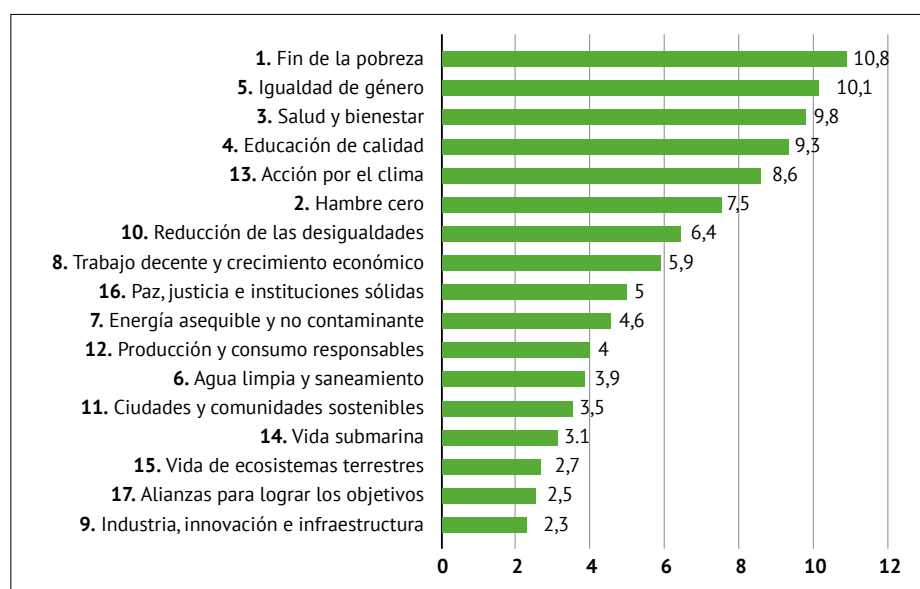


Figura 6. Los ODS que más preocupan al estudiantado.

CONCLUSIONES

Integrar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en nuestras asignaturas contribuye a la comprensión y análisis de los problemas que enfrenta la sociedad en el contexto de la Agenda 2030. En nuestro caso, implementarlos ha fortalecido una metodología de enfoque dinámico y transversal. El estudiantado pudo aprender la relación que hay entre los diferentes ODS y que la conquista de un objetivo favorece la de otro y así con otros. También se han reforzado los contenidos hacia una Historia Económica más cercana a los desafíos que tiene la humanidad y el planeta. En definitiva, encontramos una visión de la historia más holística, consciente y comprometida.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] UNCTAD (2015) *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. [en línea], disponible en: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf.
- [2] GALOR, O. (2022) *El viaje de la humanidad. El big bang de las civilizaciones: el misterio del crecimiento y la desigualdad*. Barcelona, Destino.
- [3] CRUE (2019) *Las universidades españolas se constituyen como espacio clave para el cumplimiento de la Agenda 2030*. [en línea], disponible en <https://www.crue.org/2019/05/xxvii-jornadas-crue-sostenibilidad/>
- [4] ANECA (2023) ANECA y CRUE trabajan en la inclusión de los ODS en los planes de estudio universitarios [en línea], disponible en: <https://www.aneca.es/-/aneca-y-crue-trabajan-en-la-inclusi%C3%B3n-de-los-ods-en-los-planes-de-estudio-universitarios>

- [5] CRUE (2024) Manifiesto de las XXXIV Jornadas de Crue-Sostenibilidad «Alianzas para un Desarrollo Sostenible: Retos. [en línea], disponible en: <https://www.crue.org/comisiones-sectoriales/documentos-crue-sostenibilidad/>
- [6] University Educators for Sustainable Development (UE4SD) project [en línea], disponible en: <https://www.ue4sd.eu/>
- [7] UMU. Proyecto ODSesiones [en línea], disponible en <https://www.um.es/web/17odsiones/proyecto/proyecto>
- [8] UMU.RankingTimesHigherEducation (THE)[en línea],disponible en<https://www.um.es/web/17odsiones/-/el-prestigioso-ranking-times-higher-education-situa-a-la-umu-entre-las-200-universidades-del-mundo-mas-comprometidas-con-los-ods>
- [9] MOLERA, L., SÁNCHEZ-ALCÁZAR, J.A., FAURA-MARTÍNEZ, U., LAFUENTE-LECHUGA, M., LLINARES-CISCAR, J.V., MARÍN-RIVES, J.L., MARTÍN-CASTEJÓN, P.J., PUIGSERVER-PEÑALVER, M.C., SÁNCHEZ-ANTÓN, M.C. (2021) Embedding sustainability in the Economics Degree of the Faculty of Economics and Business of the University of Murcia: a methodological approach. *Sustainability* 13 (16), 8844. <https://doi.org/10.3390/su13168844>
- [10] MANRESA, A., BERBEGAL-MIRABENT, J., FAURA-MARTÍNEZ, U., LLINARES-CISCAR, J.V. (2021) What do freshmen know about sustainability? Analysing the skill gap among University Business Administration students. *Sustainability* 13 (16), 8813. <https://doi.org/10.3390/su13168813>
- [11] MARTÍNEZ-CARRIÓN, J.M., RAMON-MUÑOZ, J.M., CANDELA-MARTINEZ, B. (2023) La Historia Económica y la Agenda 2030: un proyecto colaborativo para impulsar el conocimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En: PRATS ALBENTOSA, M.A., CAPÓ PARRILLA, J., CORCHUELO MARTÍNEZ-AZÚA, B., MAROTO SÁNCHEZ, A. (eds.), *XV Jornadas de Docencia en Economía*. Murcia, Universidad de Murcia & Godel Impresiones Digitales S.L.U., pp. 107-108, 111-112.
- [12] Maddison Historical Statistics [en línea], disponible en: <https://www.rug.nl/ggdc/historicaldevelopment/maddison/>
- [13] Clio Infra Project [en línea], disponible en: <https://clio-infra.eu/>
- [14] OCDE (2014): *How was life? Global well-being since 1820* [en línea], disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/economics/how-was-life_9789264214262-en
- [15] Our World in Data [en línea], disponible en: <https://ourworldindata.org/>
- [16] MARTÍNEZ-CARRIÓN, J.M.; CANDELA-MARTÍNEZ, B., GONZÁLEZ ARCE, J.D., RAMON-MUÑOZ, J.M. (2022) ODSesiones de Historia Económica. Un proyecto colaborativo para impulsar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En: CARUANA, L., LARRINAGA, C. (eds.), *Superando el Covid-19 en las aulas de Historia Económica*. Granada, Ed. Universidad de Granada y AEHE, pp. 52-78.

TRADICIÓN E INNOVACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN ESPAÑA

Rafael Tomás Cardoso

Unidad Docente de Antropología. Dpto. Biodiversidad, Ecología y Evolución Facultad de Ciencias Biológicas y Grupo de Investigación EPINUT. Universidad Complutense de Madrid. raftomas@ucm.es

Palabras clave: enseñanza de las ciencias; didáctica de las ciencias naturales; enfoques STEM y STEAM.

Keywords: science teaching; natural science didactics; STEM and STEAM approaches.

Resumen

La enseñanza de la ciencia en España ha recorrido un importante y relevante cambio durante los últimos 50 años, en sus enfoques, así como en los contenidos y ámbitos de la investigación de las disciplinas científicas objeto de atención. Este camino ha seguido una transformación, desde prácticas y modelos didácticos asentados en la tradición más inmovilista hasta las últimas innovaciones en la enseñanza de las ciencias. Nuevas tendencias moduladas por los procesos de cambio en las corrientes pedagógicas y sociales, junto a las iniciativas político-educativas vividas en nuestro país durante este periodo, y que han dibujado las direcciones y rutas que articulan la enseñanza de las ciencias en sus distintos niveles educativos.

Abstract

Science teaching in Spain has undergone an important and relevant change over the last 50 years, in its approaches, as well as in the contents and areas of research of the scientific disciplines that are the subject of attention. This path has followed one of transformation, from teaching practices and models based on the most immobile tradition to the latest innovations in science teaching. New trends are modulated by the processes of change in pedagogical and social currents, together with the political-educational initiatives experienced in our country during this period, and that have drawn the directions and routes that articulate the teaching of science at its different educational levels.

INTRODUCCIÓN

La educación, en general, y la enseñanza de las ciencias, en particular, ha vivido durante las pocas décadas un interesante recorrido desde la tradición a la modernización de los modelos y enfoques con los que se abordan. Todo ello, en el marco de las interacciones entre los cambios sociales, los contextos socioeconómicos y políticos y la influencia de las nuevas tendencias pedagógicas en las corrientes de ideas y prácticas en la comunidad docente y en las políticas educativas de nuestro país.

Estas relaciones e interacciones entre ciencia, educación y sociedad quedan claramente descritas en los procesos seguidos en este camino. Y que, en el caso particular de la enseñanza de la ciencia en España, se habría recorrido, mostrando importantes cambios, durante los últimos 50 años, tanto en sus enfoques, como en los contenidos y ámbitos de la investigación de las disciplinas científicas objeto de su dedicación. A través de este camino de transformación se habría mostrado un importante cambio en las prácticas y didácticas particulares de las disciplinas, así como también en los modelos y fundamentos pedagógicos y epistemológicos en los que se sustentan, dando paso a un destacado salto desde los marcos de la tradición más inmovilista hasta las más recientes tendencias innovadoras aplicadas en la enseñanza de las ciencias. Este camino, marcado por importantes hitos y tiempos de cambios, habría tenido como principales motores las relevantes dinámicas de transformación social vividas durante estos años. Unas transformaciones que incluirían tanto a los intensos procesos de cambio social que vivirá el país durante estas décadas de transición política y sociopolítica, como a la emergencia e influencia de las nuevas corrientes pedagógicas y su traducción a las prácticas docentes,

apoyadas por las sucesivas iniciativas político-educativas vividas en la sociedad española durante el periodo estudiado.

Si bien contábamos en nuestra historia con algunos precedentes de una importante creatividad pedagógica, como fueron los casos de la Institución Libre de Enseñanza o la experiencia del Instituto-Escuela, la realidad general y mayoritaria española es que, hasta la década de los 70, las prácticas docentes generales en nuestro país, y de las ciencias en particular, continuaron estando encuadradas en modelos didácticos memorísticos, marcados por sesgos ideológicos y religiosos, que conducían a desatender importantes aspectos conceptuales y procedimentales del aprendizaje del conocimiento científico.

En este contexto particular del cambio en las tendencias y direcciones en la enseñanza de las ciencias en España, frente a las insuficiencias de los modelos tradicionales de la educación en España, queremos revisar el alcance y avances logrados en el proceso de modernización social y transición democrática, dentro del ámbito de la educación y, en particular, de la enseñanza de la ciencia. La revisión del proceso iniciado en los años finales del franquismo y la transición democrática, con el cambio de siglo y hasta la actualidad, describe una transformación y modernización de la enseñanza y, muy en especial, de la de las disciplinas científicas. En particular, en este recorrido resulta de interés analizar si esta modernización de la enseñanza de las ciencias en España, con todos los lastres que acarreaba, habría logrado nivelarse y alcanzar los estándares de los países de su entorno. En este punto, hay que señalar el grado alcanzado por la innovación en los métodos de enseñar la ciencia y en los logros de una difusión suficiente de los nuevos conocimientos fundamentales en el marco de la transformación digital, la crisis ecológica, la revolución biomédica o el reto de la enseñanza de los nuevos enfoques integradores de los conocimientos STEAM.

Como elemento vertebrador de nuestro trabajo, el objetivo que habría servido de eje a la reflexión y tarea de revisión histórico-documental y de los momentos analizados a lo largo del periodo de nuestro trabajo se ha basado en nuestra atención e interés por las relaciones entre ciencia, sociedad y educación, en tanto que interacciones entre realidades vinculadas, interdependientes y mutuamente condicionadas. Pero, también, de atención al concepto de “ciencia para la sociedad”, donde la enseñanza de la ciencia se entiende como un instrumento de información y educación para el conocimiento social de la ciencia, así como de promoción de una ciencia aplicada y de utilidad práctica, que dé lugar a la participación y el interés social por la ciencia.

Por ello, es desde esta atención al papel de la ciencia y de la enseñanza de las ciencias como un conocimiento aplicado, práctico, útil y de relevancia social, en que se basa la idea con que abordamos y analizamos los procesos de interacción entre ciencia, sociedad y educación, a lo largo del periodo de tiempo considerado, sus impactos en la difusión del conocimiento científico y en la respuesta de la enseñanza de las ciencias a las demandas sociales de un conocimiento científico práctico y aplicado [1,2].

TIEMPOS DE EDUCACIÓN EN UN MODELO TRADICIONAL

En la evolución de las prácticas docentes generales en nuestro país, y de las ciencias en particular, así como de los contextos sociales e institucionales en que se encuadran, tal y como hemos comentado, la enseñanza de la ciencia en España ha recorrido un importante y relevante cambio durante los últimos 50 años, en sus enfoques, así como en los contenidos y ámbitos de la investigación de las disciplinas científicas objeto de atención.

Este camino de transformación parte de un contexto en el que la realidad mayoritaria y dominante era la de las prácticas y modelos didácticos asentados en la tradición más inmovilista de unas concepciones dominadas por modelos didácticos de carácter memorístico y basados en los razonamientos lineales, en los que predominaba la descripción sobre la explicación, y el aprendizaje basado en tareas y cálculos automáticos. Dentro de una visión de la educación y de la ciencia marcada por sesgos ideológicos y religiosos, que conducían a desatender importantes aspectos conceptuales y procedimentales del aprendizaje del conocimiento científico [3]. Así, este modelo de enseñanza tradicional de la ciencia en España constituyó la realidad general y mayoritaria española, hasta la década de los setenta del pasado siglo.

El modelo de enseñanza tradicional mantuvo una compleja relación con las ciencias físico-naturales y con las matemáticas, ya que tanto algunas de las teorías principales de sus disciplinas como los modelos de pensamiento lógico-racional y del método científico, en general, entraban en conflicto directo con algunos de los principios ideológicos y epistemológicos de la educación tradicional.

En el marco de las matemáticas y las ciencias físico-químicas, la metodología didáctica primaba la memorización de conceptos, la aplicación de reglas de cálculo y la automatización y aplicación directa de procedimientos de trabajo y cálculos, sin valorar posibles ajustes o adaptaciones de los métodos. Formas de aprender que recordamos los más mayores, en ejemplos como los populares “problemas de trenes” o en los problemas con “reglas de tres”. El procedimiento memorístico también se aplicaba en las matemáticas, a través de la memorización y repetición automática de las tablas de multiplicar y dividir; el sistema internacional de unidades o las fórmulas de cálculos en geometría.

En la didáctica de las ciencias naturales el dominio de la enseñanza descriptiva y memorística orientaba y dominaba el aprendizaje de las realidades naturales, dentro de modelos de la naturaleza que estaban dominados por criterios tipológicos y esencialistas, con una marcada desatención a los procesos y las explicaciones causales, así como la atención a la variabilidad continua en el mundo natural. De modo casi total, prevalecía la exclusión y desatención de los modelos explicativos, de manera que no se daba lugar a la entrada de teorías y enfoques de naturaleza explicativa y causal, como la evolución, la ecología, etc., poniendo, fundamentalmente, el énfasis en lo descriptivo: clasificaciones y taxonomías, organografía, etc.

Como un hito referencial donde poner inicio a este periodo, aunque muchos de sus principios hunden sus raíces mucho más atrás, en la tradición filosófica y de la educación escolástica y religiosa previa, el periodo del modelo educativo tradicional español tendría su comienzo con la Ley Moyano de Instrucción Pública de 1857 y se extendería hasta los años 70 del siglo XX. Así, durante este amplio periodo, el modelo tradicional de aprendizaje-enseñanza será el aplicable a la realidad general y mayoritaria de la educación española, hasta la llegada de los años setenta del siglo XX y el arranque de las dinámicas sociales y políticas de cambio ligadas a la transición democrática española.

PRECEDENTES DEL REFORMISMO EN LA EDUCACIÓN EN ESPAÑA

En este panorama general y dominante de la enseñanza tradicional que, como hemos visto, constituiría la generalidad hasta los años de la transición de la década de los setenta del pasado siglo, hay que prestar atención a los precedentes puntuales con que contamos en nuestra historia particular; y que ofrecieron una apuesta por la creatividad e innovación pedagógica, totalmente fuera de la pauta de su época, en los modelos propuestos desde la Institución Libre de Enseñanza (ILE) y el Instituto-Escuela (IE). Estas dos iniciativas alternativas al modelo generalizado de educación tradicional surgen en el seno de un proyecto pedagógico reformista inspirado en la filosofía krausista, que tuvo una importante presencia en un relevante grupo de docentes y académicos reformistas de finales del siglo XIX (Giner de los Ríos, Salmerón, Cossío...), que se materializó en la iniciativa de la Institución Libre de Enseñanza (entre 1876 y 1939) y la experiencia y experimento pedagógico en la educación secundaria del Instituto-Escuela (entre 1918 y 1936; con una versión continuista, aunque mucho más moderada por la nueva situación del país, del año 1939 en adelante). Estas constituyeron un excepcional (por la rareza y por su limitado alcance) paréntesis en el marco general de la educación en España, pero del que merece reivindicar la aportación y propuesta que realizaron frente al mayoritario modelo tradicional en la enseñanza española de su época [4].

Los fundamentos epistemológicos y pedagógicos del proyecto de la ILE y el IE son, fundamentalmente, la filosofía krausista y la apuesta por la promoción de un modelo de educación laica. En definitiva, se trataba de un planteamiento alejado de la cerrazón de la educación tradicional española, propugnando un modelo de enseñanza abierta a las corrientes de la nueva pedagogía europea, que se apoyaba en la defensa de una educación integral (intelectual, personal, física...) y un interés por los nuevos campos y disciplinas emergentes en el desarrollo de la ciencia moderna (biología, evolucionismo, antropología, psicología experimental...). Dentro de su aportación didáctica destacaba su propuesta de “aprender experimentando”, así como la apuesta por enseñar en entornos naturales, mediante aprendizajes vivenciales y participativos.

La propuesta de la Institución Libre de Enseñanza (ILE) y el Instituto-Escuela (IE) supuso una experiencia ligada al reformismo social y a su proyección en la innovación pedagógica de su época. Aunque, en realidad, su alcance efectivo fue limitado a la práctica docente de sus contados centros de enseñanza. Y sólo durante el periodo de la II República tuvo una mayor influencia más general en las nuevas orientaciones de las políticas educativas y en las prácticas docentes de las escuelas públicas, así como en iniciativas pedagógicas de este momento como fueron las misiones pedagógicas o las colonias escolares, si bien, en general, sus propuestas

tendrán un periodo y capacidad de difusión limitados y breves, condicionados al tiempo y posibilidades constreñidas con que se contaron durante este periodo para una reforma pedagógica efectiva.

EL CAMINO DE LA TRADICIÓN A LA MODERNIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN ESPAÑA

El periodo de transición desde el modelo de educación tradicional a la creciente modernización del sistema de enseñanza en España estuvo acompañado de importantes cambios vividos en el contexto social del país y del impacto de las nuevas ideas y tendencias pedagógicas en una parte importante del colectivo de docentes. Ello nos conduce de nuevo a observar estas relaciones entre ciencia, educación y sociedad en el marco de los procesos de cambio social en el periodo de los tiempos de la transición española [5]. Junto a las exigencias derivadas de un nuevo modelo de educación en un país que transicionaba hacia una sociedad cambiante, en sus formas de trabajar, de consumo y en sus estilos de vida, hay que tener en cuenta la creciente presencia de nuevas ideas y planteamientos pedagógicos que comenzaban a guiar a muchos docentes hacia nuevos modelos y referentes en sus ideas en torno a la educación, sus formas y su función social, y hacia el uso de nuevas prácticas en el aula de modos distintos de aprendizaje y enseñanza.

De manera general, el principal referente para estas nuevas prácticas docentes de muchos maestros y profesores en esta época en España fue el movimiento de renovación pedagógica freinetiano. Así, entre las décadas de 1960 y 1980, el movimiento de renovación pedagógica en el colectivo docente español tendrá importantes influencias de manos de las ideas de los principios pedagógicos freinetianos, donde las dimensiones sociales y políticas de la educación se expresaban en los principios de su modelo pedagógico, como las ideas de “*crear una nueva escuela en una nueva sociedad*” o la concepción de que “*la clase se entendía como un laboratorio para la democracia*” [6,7]. En apoyo a estos planteamientos reformistas de la educación, el proceso de modernización y transición social, económica y política de los años setenta y ochenta tendrá importantes impactos en el ámbito de la educación en España y, en particular, de la enseñanza de la ciencia. Este proceso de transición desde la educación tradicional a la modernización en el modelo educativo español tendrá relevancia en la introducción de nuevos enfoques pedagógicos en las formas de entender y plantear la enseñanza, como la incorporación del pensamiento crítico y reflexivo en el aprendizaje, con un impacto importante en todas las materias (ciencias sociales, humanidades, lenguas, educación física, etc) pero, especialmente, en la enseñanza de las disciplinas y métodos científicos.

Un hito de gran relevancia en este periodo de cambios fue la promulgación de La Ley de Educación de 1970 de Villar Palasí. La reforma institucional de esta ley representó una gran reformulación y reestructuración de la enseñanza reglada en España, a todos los niveles. Y, en particular, una importante reorganización de la enseñanza universitaria y de la estructura y definición de las carreras de ciencias. A partir de este momento, con una clasificación de carreras y disciplinas científicas estructurada de acuerdo a la organización moderna de las ciencias básicas. Paralelamente, el efecto del relevante movimiento de renovación pedagógica y de los principios freinetianos en un importante sector del colectivo docente durante estos años, en las aulas, y el impacto de las orientaciones didácticas de la Ley de Educación 1970 de Villar Palasí y las siguientes reformas educativas (en sus sucesivas leyes: 1985, 1990, 1995...), a nivel institucional, fueron consolidando una nueva propuesta para una educación basada en el aprendizaje experimental, es decir, en aprender y comprender haciendo, en el aprendizaje significativo y en los modelos de enseñanza y aprendizaje colaborativo y participativo.

A pesar de todos los lastres y retos asociados a los modos previos de la enseñanza tradicional y de la siempre compleja situación de resistencia al cambio manifestada en importantes grupos de personas y gestores de las instituciones implicadas, la ciencia española y sus modelos de enseñanza lograron alinearse con los estándares de los países de su entorno, durante este periodo de la transición social, política y en la educación en España, durante los años setenta y, especialmente, en las siguientes décadas. El conjunto de los cambios en las políticas educativas y en las prácticas docentes supondrá relevantes transformaciones en la educación y la modernización de la enseñanza y, en especial, de la de las disciplinas científicas en nuestro país. Además, es interesante tener en cuenta la circunstancia de que, en este ámbito de cambios sociales, como en otros procesos de transición y modernización en España (demográfica, socioeconómica, epidemiológica, nutricional...), el ritmo de las transformaciones vividas fue especialmente rápido y con una amplia y acelerada difusión. Y como evidencia de la intensidad y ritmo de estos cambios en el ámbito de la educación, cabe señalar la intensa

sucesión de las reformas educativas en el marco de la España democrática, ligadas a los objetivos y propuestas de los distintos cambios de gobierno, reflejados en una amplia serie de leyes educativas (posiblemente excesivas), orientadas a la aplicación de sus aspiraciones de actualización del modelo educativo español a las nuevas realidades sociales, económicas, tecnológicas y profesionales del país.

Tabla I. Resumen de las diferencias y características de los modelos de enseñanza en la transición a la modernización de la enseñanza de las ciencias en España.

La propuesta de la Institución Libre de Enseñanza y el Instituto-Escuela	El modelo educativo tradicional (Ley Moyano hasta años 70)	La transición en la Educación en España (años 70-80)
Reformismo social e innovación pedagógica. Ámbito restringido a la Institución con mayor influencia general durante la II República. Proyecto de filosofía krausista. Educación laica. Abierta a corrientes de la nueva pedagogía europea. Interés por los nuevos desarrollos y campos en la ciencia. Educación integral: intelectual, personal, educación física... Enseñar en entornos naturales. Aprender experimentando.	La realidad general y mayoritaria española, hasta la década de los 70. Prácticas docentes generales en nuestro país, y de las ciencias, en particular. Modelos didácticos memorísticos y razonamientos lineales, tareas automáticas, etc. Marcados por sesgos ideológicos y religiosos, que conducían a desatender importantes aspectos conceptuales y procedimentales del aprendizaje del conocimiento científico.	Movimiento de Renovación Pedagógica. Principios pedagógicos freinetianos. Ley de Educación 1970 de Villar Palasí. Aprendizaje experimental: aprender y comprender haciendo. Aprendizaje significativo. Modelos de enseñanza y aprendizaje colaborativo y participativo.

Otra derivada de este proceso de cambio fue el esfuerzo y los logros alcanzados, también de un modo muy rápido, en el camino de regreso de la ciencia española y de la enseñanza de las ciencias en España a las corrientes internacionales. De este modo, en las décadas de los 80 y 90, tanto la ciencia española como su modelo de enseñanza verán el logro de un retorno a las direcciones de las corrientes internacionales, como resultado del importante trabajo en las décadas previas en la promoción de un movimiento de renovación pedagógica y del esfuerzo y dedicación personal de una generación fundamental de maestros y profesores implicados en este proyecto de modernización de la enseñanza y la práctica científica en nuestro país. Resultado de todo ello, también en la investigación y la actividad científica e investigadora se logran importantes avances en el contacto y retorno a las corrientes internacionales, la participación de las tendencias y direcciones en la ciencia internacional y la ubicación de la ciencia española en el plano de la producción general de las principales disciplinas científicas.

NUEVAS DIRECCIONES DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EL CAMBIO DE SIGLO

Como continuación a las nuevas tendencias y enfoques pedagógicos de apuesta por los modelos de aprendizaje de carácter participativo, reflexivo y significativo, en los siguientes años, durante la década de los noventa y en el cambio de siglo, se comienzan a incorporar los enfoques funcionales y competenciales en el modelo general de educación y en la enseñanza de las ciencias, en particular, que pretendían buscar la adaptación de los modelos educativos a la demandas de la nueva realidad social, tecnológica y profesional [8]. La incorporación de los diseños competenciales en la configuración del currículum de las distintas materias supuso el desarrollo de los modelos de didácticas específicas con un enfoque funcional y práctico, organizadas de acuerdo a la consideración de objetivos cognitivos, procedimentales y actitudinales, y la definición de grupos de competencias funcionales y concretas a adquirir en relación a cada uno de los distintos objetivos de cada materia. En relación a este esquema, se incorpora la propuesta de la enseñanza por objetivos y de la incorporación de la educación en valores (promoción de la salud, educación para la ciudadanía, habilidades sociales, sensibilización medioambiental) ligados transversalmente a los objetivos y competencias cognitivas, procedimentales y actitudinales del programa educativo.

Derivada de la necesidad de una formación especializada del profesorado en estas nuevas destrezas y tareas del docente, se incorporan progresivamente estas metodologías y técnicas a la estructura curricular de la formación de los maestros. Y para la capacitación del profesorado de secundaria se crean programas de especialización como complemento a la formación específica de sus titulaciones universitarias a través, primero, del “Curso de Adaptación Pedagógica”, conocido como CAP y regulado por la Ley 1/1990, y su continuación y traducción, tras la reforma de Bolonia, al título oficial de posgrado del Máster de Formación del Profesorado en Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Formación Profesional, a partir del año 2009. En ambos casos, con sus especializaciones didácticas particulares de “biología y geología”, “física y química”, “matemáticas”, “geografía e historia”, “filosofía”, etc.

Continuando con el objetivo de lograr una adecuada adaptación de los modelos educativos a las necesidades y demandas derivadas de los cambios sociales, tecnológicos y profesionales, las nuevas direcciones en la educación y la enseñanza de la ciencia, con el cambio de siglo y hasta la actualidad, se han orientado a la atención al impacto y requerimientos que el marco de los cambios sociales, económicos, tecnológicos y profesionales de los procesos de digitalización, del cambio climático y la crisis ecológica, la revolución biotecnológica y biomédica o los nuevos sistemas de gestión masiva de datos e información estarían imponiendo a la educación.

Como herramientas didácticas desarrolladas y orientadas a estos objetivos, los enfoques actuales apuestan por las estrategias de “enseñanza y aprendizaje por proyectos” (ABP), la promoción del pensamiento relacional y sistémico (mapas conceptuales), la atención a la formación y desarrollo de “*soft skills*” o “competencias blandas” (habilidades personales, comunicativas, cooperativas, organizativas, de trabajo coordinado en grupo, de dirección y gestión de proyectos, etc.) y ya no sólo a la adquisición de competencias operativas de manejo de los contenidos formales de la formación programada. Y ligado a todo ello también surge una creciente atención a las importantes relaciones que existen entre las emociones, los afectos y la experiencia vivida con la educación, en el camino hacia lograr una nueva forma de pensar y sentir la ciencia y el conocimiento científico.

NUEVOS CONTEXTOS Y RETOS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LA PRÁCTICA APLICADA DE LOS PROFESIONALES STEAM

En este camino de innovación en la enseñanza de las ciencias, dirigido a lograr el máximo alcance en su adaptación a las demandas sociales y profesionales de la formación de ciudadanos competentes en el manejo de destrezas y conocimientos académicos y prácticos, de manera reflexiva, operativa y útil, las nuevas direcciones, ámbitos y retos en la enseñanza de la ciencia se han vinculado a la apuesta por una integración interdisciplinar del conocimiento, dentro de un creciente interés por la utilidad y aplicabilidad de los enfoques de aplicación de conocimientos y modelos de conocimiento STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) y, más recientemente, STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*) [9]. Estos se consideran estrategias especialmente útiles y productivas en el afrontamiento por parte de la ciencia y la sociedad de los nuevos retos de la transformación digital, la crisis ecológica, el cambio climático global, la gestión de la sostenibilidad y la revolución biomédica y neurocientífica. Y con especiales aplicaciones, impactos y oportunidades en ámbitos de educación como:

- Educación en y para la digitalización: digitalización de procesos, virtualización, analítica de datos, *big data* e inteligencia artificial (IA).
- Educación científica para la transición ecológica y la sostenibilidad. Innovando en las ciencias y la ingeniería ambiental aplicada, la mitigación del cambio climático, promoción de la eficiencia energética y control de la huella de carbono, gestión de residuos y de la circularidad. Asimismo contribuyendo al desarrollo de las ciencias y técnicas para la gestión de la sostenibilidad y aplicadas al reporte e información del cumplimiento en la sostenibilidad ESG.
- Educación científica para la revolución biomédica y neurocientífica del siglo XXI. Ciencia, tecnología e ingeniería biomédicas, aplicadas a los abordajes multidisciplinares en la clínica, la quirúrgica, el tratamiento y rehabilitación; las nuevas biotecnologías y sus aplicaciones en la genética médica y sus derivadas clínicas; las “ciencias -ómicas” y las aproximaciones de síntesis e integradoras del cuerpo y sus sistemas (biología de sistemas). Asimismo en el amplio desarrollo actual de las neurociencias y sus múltiples aplicaciones en el ámbito clínico y de las ciencias del comportamiento y del *management*.

- En las nuevas ciencias de la salud y la salud pública, con foco y mirada en los efectos e impacto de los contextos sociales sobre la salud, así como atendiendo al creciente interés social por los problemas de la salud mental, emocional y psicosocial.

En la apuesta por avanzar en un conocimiento científico integrado, como estrategia para afrontar la complejidad, el análisis y abordaje científico de realidades y problemas complejos con que la humanidad actual se enfrenta, se ha iniciado un camino hacia la integración del conocimiento científico en los modelos y enfoques interdisciplinarios STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) [10, 11] y, más recientemente, en los enfoques STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*) [12, 13]. En esta transición y avance de los enfoques y abordajes de conocimientos integradores e integrados STEM a los denominados STEAM, es importante aclarar que el nuevo elemento incorporado de las “Arts” no se refiere al término directamente traducido al castellano en tanto que “artes”, como disciplinas relacionadas con el diseño o con las dimensiones estéticas de los proyectos, en su sentido más estético, sino al término anglosajón “liberal arts” o “artes liberales”, el cual alude a un concepto y área de conocimientos muy amplio, que incluye materias múltiples como serían las humanidades, las artes, las ciencias sociales, la economía, el derecho y la política, e incluso las ciencias naturales básicas en sus abordajes más aplicados y vinculados con la dimensión humana (ecología humana y ciencias ambientales, biología humana y antropología, etc).

La propuesta didáctica de los enfoques del conocimiento STEAM propugna enseñar ciencia en y para sus contextos sociales. Y para ello se propone un enfoque y aplicación integrados, relacionales y holísticos de las diversas ciencias, empleando una auténtica interdisciplinariedad efectiva en la concepción y uso conjunto de disciplinas, de los métodos y recursos disponibles, así como de las técnicas y modelos aplicados para el análisis de las realidades complejas y multidimensionales, recurriendo para ello a metodologías mixtas e interpretaciones multinivel de los problemas y objetos de estudio [14]. Trabajar, investigar y aplicar la ciencia de esta nueva manera implica formar a los estudiantes y futuros profesionales en el conocimiento y uso de las ciencias en un contexto de conocimientos y modelos STEAM, para su aplicación en la investigación científica, pero también en la empresa, la industria, el sector de la salud, etc. [15]. Y en esta dirección hacia la apuesta por el conocimiento integrado STEAM, cabe señalar la orientación a favor de esta estrategia de formación en las nuevas titulaciones anglosajonas de *Bachelor in Sciences and Arts*, en las que se articulan planes de estudios con una orientación que aúna la presencia de disciplinas de ciencias básicas (matemáticas, física, química, biología), con materias de introducción a las tecnologías, con materias de ciencias sociales, de economía y en *management* empresarial y de proyectos. Y como una interesante definición epistemológica que describe y ejemplifica este modelo de conocimiento integrador y transdisciplinar cabe destacar la formulación de una propuesta de conocimiento unitario como la que describe en su libro “Consilience: la unidad del conocimiento” el conocido biólogo Edward O. Willson [16].

Esta perspectiva y nuevo paradigma desde el que entender el aprendizaje y la aplicación del conocimiento STEAM precisa también de la conveniencia de incorporar nuevas formas de enseñar, desde estrategias de aprendizaje activo, participativo e integrador. Así, la didáctica de la enseñanza del conocimiento STEAM como aprendizaje integrador e integral no sólo supone la conexión y vinculación de materias y campos de conocimiento, sino que implica romper con la compartimentalización y la hiperespecialización. Otros recursos didácticos y estrategias metodológicas con un importante papel en los procesos de enseñanza-aprendizaje del conocimiento STEAM, para romper con los límites disciplinares de conocimientos y técnicas particulares, y apostando por los análisis multidimensionales y multinivel, son las estrategias de “aprendizaje basado en proyectos” (ABP), como recurso para trabajar el aprendizaje práctico con una orientación aplicada a casos y dirigida a la resolución de problemas [17].

ENSEÑAR LA CIENCIA EN Y PARA SUS CONTEXTOS Y NUEVAS DEMANDAS SOCIALES

Hay que valorar cómo estos nuevos enfoques y ámbitos de aprendizaje y aplicación del conocimiento científico representan un importante espacio de oportunidad para muchos titulados en disciplinas científicas y científico-técnicas que, desde la aproximación a una formación orientada al uso del conocimiento STEAM, pueden encontrar nuevas oportunidades profesionales o de aplicaciones nuevas a sus perfiles disciplinares tradicionales, en el marco de esta redefinición del conocimiento científico [18, 19]:

- La analítica y ciencia de datos, el manejo de *big data*, la modelización financiera, el análisis y valoración de riesgos, la modelización en investigación prospectiva, etc., como ámbitos de importante oportunidad de actividad profesional para matemáticos, estadísticos, ingenieros y científicos de datos.
- Cooperación al desarrollo sostenible en contextos de crisis climática y transición ecológica, gestión de la sostenibilidad, evaluación y reporte ESG, como nichos profesionales de amplia oportunidad para científicos e ingenieros de distintas disciplinas (físicos, químicos, biólogos, ambientólogos, ingenieros ambientales, de la energía, agrónomos, etc).
- Biomedicina, neurociencia, investigación y desarrollo en biomedicina, ingeniería biomédica, neurociencias básicas y aplicada (en educación, comportamiento social, organizacional...), donde cabe orientar la formación y orientación profesional de un amplio y diverso abanico de perfiles, como biólogos, médicos o científicos del comportamiento, junto con ingenieros, físicos y tecnólogos.
- Proyectos de salud internacional y global e iniciativas y proyectos “*One Health*”, donde tiene cabida el desempeño de sus competencias profesionales con nuevas perspectivas más integradoras para biólogos, ambientólogos, ecólogos, médicos, farmacéuticos, veterinarios, antropólogos, ecólogos humanos y perfiles similares.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A modo de consideraciones finales respecto a nuestro trabajo de revisión en torno al objeto de estudio que nos ocupa, cabe realizar un repaso y reflexión del panorama, actual y para los próximos años, de la enseñanza de las ciencias en España. En este sentido, el panorama descrito a través de un análisis estratégico (de tipo DAFO: debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) de la situación actual y las posibles direcciones próximas de la enseñanza de las ciencias en nuestro país, en el marco presente y para las tendencias emergentes de orientación a los enfoques STEAM, nos señala, fundamentalmente, como principales conclusiones respecto a sus retos y debilidades, amenazas y riesgos, fortalezas y oportunidades, las siguientes valoraciones:

- Como debilidades y principales retos a superar en la situación actual de la enseñanza de las ciencias en España cabe destacar la resistencia al cambio y la intensa permanencia en concepciones académicas y reduccionistas de las disciplinas, el empeño sostenido e intereses particulares por preservar parcelas exclusivas de conocimiento; así como los persistentes bloqueos de la burocracia institucional a los cambios en planificaciones y programaciones curriculares, guiados por los dos primeros factores previos de dificultad.
- Como principales amenazas al avance en el proceso de actualización del modelo de enseñanza de las ciencias cabría señalar los riesgos asociados a los rápidos e imprevistos cambios de dirección y condicionantes de las dinámicas de los mercados y de las regulaciones en los potenciales ámbitos de nueva actividad económica, tecnológica y profesional (en los denominados entornos VUCA, de volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad), así como el ritmo insuficiente en la adaptación y transformación o en la percepción de las necesidades profesionales emergentes de los sectores, organizaciones y empresas.
- Y, a modo de fortalezas, cabe mencionar las posibilidades técnicas y operativas del conocimiento STEAM y la creciente toma de conciencia respecto a la potencialidad y posibilidades técnicas y profesionales de este enfoque de las ciencias.
- Como oportunidades para los nuevos enfoques de enseñanza de las ciencias, destacamos las posibilidades asociadas a la definición de nuevos perfiles profesionales para científicos STEAM, la oportunidad de crear y promover nuevos nichos de actividad para científicos fuera de la academia; así como las opciones para difundir un mayor conocimiento social de las distintas disciplinas y campos STEAM y sus utilidades.

Tabla 2. Análisis estratégico DAFO de la situación de la enseñanza de la ciencia en España.

Análisis interno	Análisis externo
Debilidades <ul style="list-style-type: none"> ■ Resistencia al cambio y permanencia en concepciones académicas y reduccionistas de las disciplinas. ■ Empeño por preservar parcelas exclusivas de conocimiento. ■ Bloqueos de la burocracia institucional, ajustes sostenidos a planificaciones y restricciones de programaciones curriculares. 	Amenazas <ul style="list-style-type: none"> ■ Riesgos asociados a los cambios de dirección y condicionantes de las dinámicas de los mercados y de las regulaciones en los potenciales ámbitos de nueva actividad (entornos VUCA) ■ Ritmo insuficiente en la adaptación y transformación o en la percepción de las necesidades profesionales emergentes de los sectores y sus organizaciones y empresas
Fortalezas <ul style="list-style-type: none"> ■ Posibilidades técnicas y operativas del conocimiento STEAM ■ Creciente toma de conciencia respecto a la potencialidad y posibilidades del conocimiento STEAM 	Oportunidades <ul style="list-style-type: none"> ■ Posibilidad de definir nuevos perfiles profesionales para científicos STEAM ■ Oportunidad de crear y promover nuevos nichos de actividad profesional para científicos STEAM fuera de la academia ■ Difundir un mayor conocimiento social de las distintas disciplinas y campos STEAM y sus utilidades

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BERTOMEU SÁNCHEZ, J.R., MARTÍNEZ, L.M., MUÑOZ BELLO, R., PARIENTE SILVÁN, J.A. (2017) Historia y enseñanza de las ciencias: Nuevas perspectivas y oportunidades para la colaboración. *Enseñanza de las ciencias*, N° Extraordinario 2017, 3779-3783
- [2] GÓMEZ ZACCARELLI, F., CÁNDIDO VENDRASCO, N., ARRIAGADA JOFRÉ, V. (2024) Discusiones y argumentación en la enseñanza de las ciencias: prácticas y desafíos docentes. *Enseñanza de las ciencias* 42, 25-43
- [3] GABRIELA DELORD, R.P. (2018) Del discurso tradicional al modelo innovador en enseñanza de las ciencias: obstáculos para el cambio. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 35, 77-90
- [4] ANTONIO VIÑAO, A. (2002) La historia de la educación en el siglo XX. Una mirada desde España. *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 7, 223-256
- [5] GONZÁLEZ-ANLEO, J. (2002) Panorama de la educación en la España de los cambios. *Reis. Revista Española de Investigaciones Sociológicas* 100, 185-229
- [6] ROMERO DE ÁVILA, S.G. (2016) Aportaciones de la pedagogía Freinet a la educación en España. *Tendencias Pedagógicas* 27, 231-250
- [7] PÉREZ SIMÓN, E. (2013) El movimiento Freinet en España. *Cuadernos de Pedagogía*, 433, 1-5.
- [8] ORTIZ-SACRO, J.C., CAPERA-FIGUEROA, C.L., HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, L.E., MEDINA-HERNÁNDEZ, J.D. (2020) La enseñanza de las ciencias: una mirada a la educación del siglo XXI. *Revista Ideales* 10, 86-91
- [9] NÚÑEZ VALDÉS, J., VÁZQUEZ RUIZ, A.E., VÁZQUEZ RUIZ R. (2022) ¿Cómo explicarían los autores la Educación STEM/STEAM a alumnos de Secundaria y Bachillerato?. *UNIÓN, Revista Iberoamericana de Educación Matemática* 66, 1-20
- [10] MARRERO, M.E., GUNNING, A.M., GERMAIN-WILLIAMS, T. (2014) What is STEM Education?. *Global Education Review* 1(4), 1-6
- [11] RIVERA ENRÍQUEZ, D., RIERA ASTUDILLO, J.G., LUNA YUNGA, Y.S., PÉREZ AYABACA, M.R. (2024) La metodología STEAM en la enseñanza de Biología. *Revista Puce* 118, 157-176

- [12] AGUILERA, D., VÍLCHEZ-GONZÁLEZ, J.M. (2024) ¿De qué hablamos cuando hablamos de educación STEAM? Una revisión de experiencias educativas. *Revista Fuentes* 26, 211-224
- [13] GARCÍA-FUENTES, O., RAPOSO-RIVAS, M., MARTÍNEZ-FIGUEIRA, M.E. (2023) El enfoque educativo STEAM: Una revisión de la literatura. *Revista Complutense de Educación* 34, 191-202
- [14] MORIN St. ONGE, J. (2017) Transición a una ciencia y cultura transdisciplinarias. *Revista de la Academia* 24, 111-142
- [15] ZÚÑIGA-TINIZARAY, F. S., MARÍN, Victoria I. (2024) Estrategias Educativas STEM-STEAM en Nivel Superior: Revisión Sistemática de Literatura. *Revista Espacios*, 45(4), 16-30
- [16] WILSON, E.O. (1999) *Consilience: la unidad del conocimiento*. Barcelona: Galaxia Gutenberg.
- [17] DOMÈNECH-CASAL, J., LOPE, S., MORA, L. (2019) Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16(2). 2203, 1-16
- [18] CAMACHO-TAMAYO, E., BERNAL-BALLÉN, A. (2024) Educación STEAM como estrategia pedagógica en la formación docente de ciencias naturales: Una revisión sistemática. EDUTEC. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa* 87, 220-235
- [19] ARRIGUITORRES, E., MOSQUERA, J.A. (2022) Aportes de la educación STEAM a la enseñanza de las ciencias; una revisión documental entre 2018 y 2021. *Revista Latinoamericana de Educación Científica, Crítica y Emancipadora (LadECiN)* 1, 49-61

Materiales y experiencias científico- tecnológicas en el aula

UNA CARRERA DE RELEVOS CIENTÍFICA. UNA PROPUESTA DE LUDIFICACIÓN EN EL AULA

Lorena Fernández Rodríguez

IES Montserrat Caballé. Tres Cantos (Madrid).

Palabras clave: ludificación; STEM; aprendizaje activo; trabajo colaborativo; cinemática.

Keywords: gamification; STEM; active learning; collaborative work; kinematics.

Resumen

Este artículo presenta una actividad diseñada para mejorar la enseñanza de materias STEM en la Educación Secundaria Obligatoria, centrándose en la integración de conceptos de física y matemáticas a través de una metodología lúdica inspirada en una carrera de relevos. La actividad busca contrarrestar la apatía y el desinterés de los estudiantes hacia las materias STEM a través de un enfoque pedagógico atractivo y motivador. Se evaluaron, mediante metas evaluables, objetivos específicos como la creación de un ambiente de aprendizaje motivador; la mejora de la habilidad para resolver problemas complejos y la integración de conocimientos de diversas disciplinas STEM.

Abstract

This article presents an activity designed to improve teaching of STEM subjects in Secondary Education, focusing on the integration of physical and mathematical concepts through a playful methodology inspired by a relay race. The activity aims to counteract the apathy and disinterest of students towards STEM subjects by means of an attractive and motivating pedagogical approach. Specific objectives, such as creating a motivating learning environment, improving the ability to solve complex problems and integrating knowledge from various STEM disciplines were evaluated through measurable goals.

INTRODUCCIÓN

En la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria, especialmente en la enseñanza de materias STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), los estudiantes a menudo se enfrentan a importantes desafíos a la hora de resolver problemas prácticos. Entre las dificultades más comunes se incluyen una desconexión entre las diferentes disciplinas STEM, dificultades para visualizar la aplicación práctica de los conceptos aprendidos y una gran frustración para abordar problemas complejos [1]. En este contexto, el aprendizaje basado en la resolución de problemas se presenta como una estrategia pedagógica eficaz para superar estos obstáculos, promoviendo un enfoque activo y participativo en el proceso de aprendizaje [2]. Por otro lado, la incorporación de elementos de ludificación en el diseño de actividades educativas puede aumentar significativamente la motivación y el compromiso de los estudiantes, al hacer que el aprendizaje sea más atractivo y dinámico [3].

La actividad presentada en este artículo fue concebida para abordar las dificultades anteriormente mencionadas. Dicha actividad, que está inspirada en la dinámica de una carrera de relevos, busca fomentar la creatividad y el trabajo en equipo, alineándose con las prácticas pedagógicas recomendadas en la bibliografía científica [4]. Además, tiene como objetivo contrarrestar la apatía y el desinterés que muchos estudiantes muestran hacia las materias STEM, a través de un diseño pedagógico atractivo y motivador. Las motivaciones extrínseca e intrínseca son cruciales en el aprendizaje de ciencias, ya que pueden influir significativamente en el rendimiento académico y en la percepción de la relevancia de las materias STEM en la vida cotidiana [5].

MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

La actividad que se presenta a continuación fue diseñada en respuesta a las dificultades identificadas en un curso de 4º de la ESO, cuyos alumnos mostraban un bajo rendimiento académico en la materia. Además presentaban dificultades para comprender los enunciados de los problemas, para aplicar los conceptos aprendidos en situaciones prácticas y para percibir la conexión entre las matemáticas y la física, al tiempo que manifestaban un incipiente rechazo hacia la materia. Por lo tanto, se establecieron los siguientes objetivos específicos para esta actividad:

1. Crear un ambiente de aprendizaje atractivo y motivador que despierte el interés de los estudiantes por las materias STEM y su relevancia en la vida cotidiana.
2. Incrementar la habilidad de los estudiantes para descomponer problemas complejos en etapas manejables, aplicando metodologías sistemáticas de resolución de problemas.
3. Fomentar la integración de conocimientos de física y matemáticas para resolver problemas prácticos, demostrando cómo estas disciplinas se complementan y aplican en contextos reales.

Estos objetivos fueron evaluados mediante metas medibles, definidas para evaluar la eficacia de la propuesta, y que se expondrán más adelante.

METODOLOGÍA Y MATERIALES

La actividad está diseñada para realizarse en una única sesión y organiza a los alumnos en grupos de tres estudiantes, asignados de manera que se garantice una dinámica de trabajo óptima. La actividad se conceptualiza como una carrera de relevos, donde cada etapa tiene un tiempo asignado medido con un cronómetro de la pizarra digital. En la organización inicial, cada estudiante del grupo recibe el enunciado de un problema distinto y deben anotar su nombre con el bolígrafo del color que los identifica. Al finalizar el tiempo asignado, los problemas rotan entre los estudiantes, quienes continuarán la siguiente fase basándose en los desarrollos realizados por sus compañeros. Los materiales, recogidos en el anexo, están diseñados para que en cada etapa los alumnos sólo puedan ver la etapa anterior. Para ello se imprime por las dos caras cada uno de los problemas en una hoja que se dobla por la mitad. Además, cada estudiante utiliza un bolígrafo de color diferente para facilitar la evaluación posterior.

Una vez organizados comienza la carrera que consta de cuatro etapas que se resumen en la **figura 1**.

En la **primera etapa**, que tiene una duración de 5 minutos, se entrega a cada estudiante del grupo el enunciado de un problema diferente. En esta ocasión se trataba de problemas de cinemática, centrados en el estudio de los movimientos rectilíneos y en el encuentro de móviles. Los distintos problemas varían en dificultad y sus enunciados están diseñados para ser atractivos y tienen a los propios alumnos como protagonistas, buscando así incrementar la motivación de los estudiantes. En esta etapa los estudiantes leen su enunciado y deben representar todos los datos del problema en un diagrama utilizando una notación adecuada, fijando un sistema de referencia e indicando la dirección y sentido de las magnitudes vectoriales.

En la **segunda etapa**, de 12 minutos de duración, los alumnos, utilizando únicamente el diagrama realizado por su compañero, deben plantear y representar las ecuaciones del movimiento de un problema del que no conocen el enunciado. El objetivo es que comprendan el significado de las ecuaciones del movimiento y establezcan conexiones con la representación de funciones matemáticas.

En la **tercera etapa**, para la que tienen 10 minutos, el alumno recibe únicamente las ecuaciones del movimiento y su representación gráfica y con ellas debe resolver la cuestión planteada en el problema.



Figura 1. Etapas en la resolución de problemas.

En la **cuarta y última etapa**, para la que tienen 5 minutos, cada alumno recibe el problema del que ha leído el enunciado y realiza una recopilación de los resultados y una reflexión sobre los mismos. Cada estudiante evalúa el resultado obtenido, determinando si es coherente. Los estudiantes en esta etapa pueden leer y completar el trabajo de sus compañeros, añadiendo comentarios pertinentes sin modificar lo anterior:

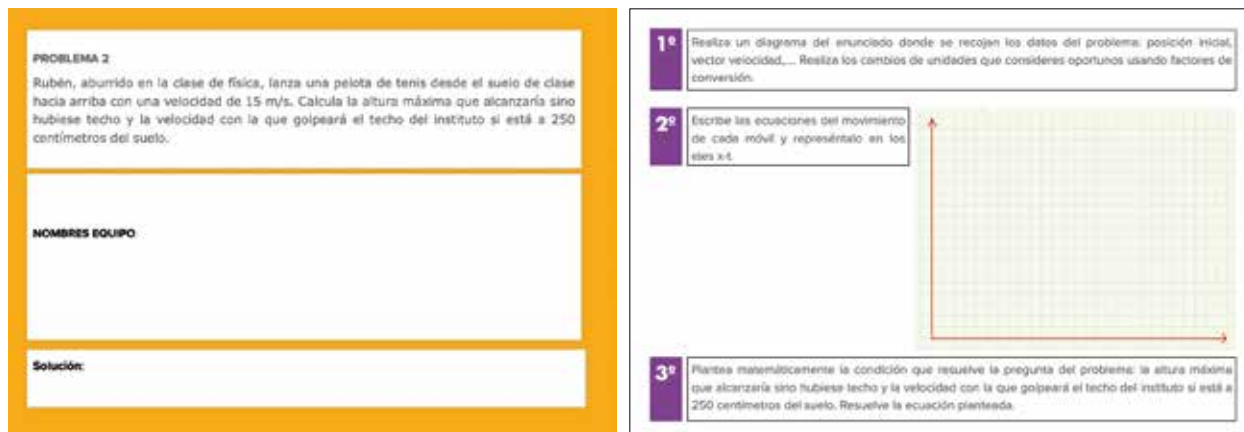


Figura 2. Ejemplo del material empleado.

En lo que resta de sesión se recogen los problemas para su corrección y se proyectan los resultados, que además están disponibles en el aula virtual para su revisión en casa.

Una vez concluida la actividad, se implementó una evaluación sumativa como parte del proceso de enseñanza y aprendizaje [6]. La evaluación se realizó mediante una rúbrica, que permitió definir criterios claros de calificación y comunicar a los estudiantes las expectativas de desempeño. La rúbrica, mostrada en la **figura 3**, fue diseñada para evaluar el desarrollo de competencias científicas de manera objetiva y transparente y estaba estructurada para evaluar no sólo los conocimientos, sino también habilidades, actitudes y procesos de comprensión, expresión y valoración [7].

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez realizada y evaluada la actividad se procedió a valorar en qué grado se han alcanzado los objetivos propuestos mediante dos metas evaluables.

Evaluación pre- y post-actividad

Se ha medido la mejora en la aplicación de las herramientas de resolución de problemas a través de dos pruebas de evaluación realizadas antes y después de llevar a cabo la actividad, que consistieron en la resolución de problemas del mismo grado de dificultad.

Los resultados, como puede verse en la **figura 4**, fueron muy buenos. Hubo una mejora sustancial tanto en la nota media obtenida por la clase, que subió 3,2 puntos, como en todos los aspectos relacionados en la forma de resolución y comprensión de los problemas. Como puede verse, la mayoría de los alumnos realizaron los diagramas, incluyeron comentarios y reflexionaron sobre el resultado.

		NO	Parcialmente	SI
Se ha realizado el diagrama de manera clara y ordenada, recogiendo todos los datos necesarios para la resolución del problema.	1 pto			
Se han realizado los cambios de unidades oportunos usando factores de conversión.	1 pto			
Se han planteado correctamente las ecuaciones del movimiento.	1 pto			
Se han incluido pequeñas explicaciones de los pasos y planteamientos realizados.	1 pto			
Se ha representado las ecuaciones del movimiento etiquetado los ejes con las magnitudes y su unidad y ha elegido la escala correcta.	1 pto			
Se ha planteado correctamente la condición necesaria para resolver el problema.	1 pto			
Se ha resuelto correctamente las ecuaciones planteadas empleando lenguaje matemático.	2 pto			
Se ha obtenido la solución correcta del problema planteado y lo expresa empleando notación científica e incluyendo la unidad de la magnitud.	2 pto			

Figura 3. Rúbrica de evaluación.

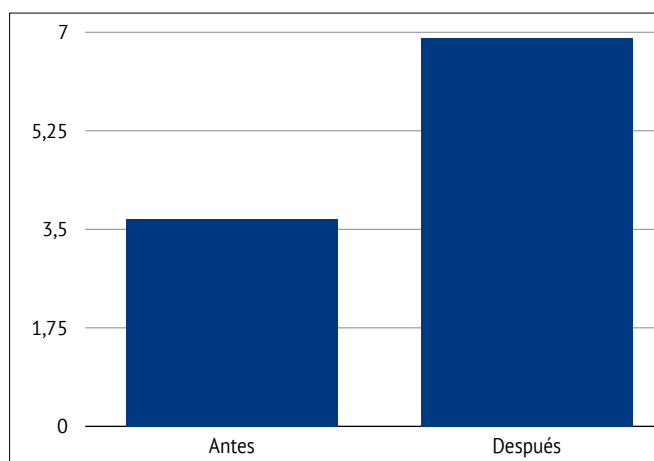
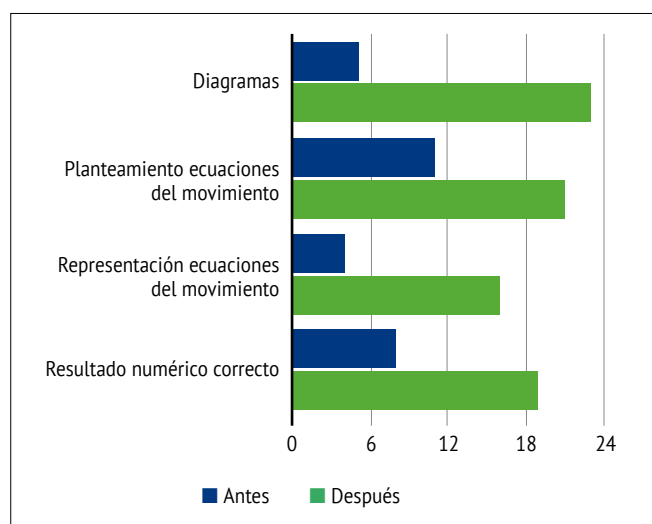


Figura 4. (a) Medias obtenidas en las pruebas de evaluación. (b) Uso de las herramientas en la resolución de problemas.



Observación directa y retroalimentación de dinámica de la actividad

El análisis de la dinámica y la participación, evaluado tanto mediante observación directa como a través de un formulario en línea, reflejó un alto grado de implicación y una actitud positiva por parte de los alumnos. El 95,8% de los estudiantes consideró la actividad divertida y motivadora, mostrando interés en repetirla con problemas de otras ramas de la física. Sin embargo, un 50% encontró la actividad estresante en algún grado, lo que sugiere la necesidad de ajustar la dificultad y el tiempo asignado a cada etapa.

La calidad de los materiales fue bien valorada por el 91,7% de los alumnos, y el 83,3% sugirió ampliar el tiempo para las distintas etapas, lo que indica que los estudiantes valoraron el enfoque metodológico pero identificaron áreas de mejora. Además, el 83,3% de los estudiantes consideró que la actividad les preparó para enfrentar futuros problemas prácticos, destacando la efectividad de la actividad en la integración de conocimientos de física y matemáticas.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

A la vista de las metas evaluables, podemos afirmar que la actividad cumplió con éxito sus objetivos de crear un ambiente de aprendizaje motivador; mejorar la capacidad de los estudiantes para descomponer problemas complejos y fomentar la integración de conocimientos interdisciplinarios. Se otorgó mayor relevancia a aspectos clave que previamente eran pasados por alto, y se evidenció un notable aumento en la motivación de los alumnos hacia la resolución de estos desafíos. Los resultados indican que este enfoque puede ser una herramienta valiosa en la didáctica de las ciencias, promoviendo un aprendizaje más profundo y aplicable en contextos reales.

Para mejorar la actividad, sería interesante ampliar la variedad de problemas y su grado de dificultad, así como ajustar los tiempos asignados a cada etapa. Además, podría elevarse a cursos superiores aumentando la complejidad de los problemas o emplearla como actividad inicial en la unidad didáctica de cinemática o extenderla a cualquier otra rama de la física.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] JONASSEN, D. (2011) Supporting problem solving in PBL. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* 5(2). doi:10.7771/1541-5015.1256
- [2] HMELO-SILVER, C.E. (2004) Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review* 16, 235–266. doi: 10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3

- [3] BENBEN V.Y., BUG-OS M.A.A.C. (2022) Physics Students' Academic Achievement and Motivation in a Gamified Formative Assessment. American Journal of Educational Research 10, 385-390. doi:10.12691/education-10-6-2
- [4] GARRIS, R., AHLERS, R., DRISKELL, J. (2002) Games, motivation, and learning: A research and practice model. Simulation & Gaming 33, 441-467. doi:10.1177/1046878102238607
- [5] RYAN, R.M., DECI, E.L. (2000) Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. American Psychologist 55, 68-78. doi:10.1037/0003-066X.55.1.68
- [6] SANMARTÍ N. (2007) 10 ideas clave. Evaluar para aprender (Vol. I). Barcelona, Ed. Graó, pp. 84-92.
- [7] Poorvu Center for Teaching and Learning, Yale University. Creating and Using Rubrics. [En línea], disponible en <https://poorvucenter.yale.edu/Rubrics> [Consultado el 12/03/2024].


ANEXOS

1º

Realiza un diagrama del enunciado donde se recojan los datos del problema: posición inicial, vector velocidad,.... Realiza los cambios de unidades que consideres oportunos usando factores de conversión.

2º

Escribe las ecuaciones del movimiento de cada móvil y represéntalo en los ejes x-t.



3º

Plantea matemáticamente la condición que resuelve la pregunta del problema: ¿A qué distancia del semáforo lo alcanza? . Resuelve la ecuación planteada.

PROBLEMA 3

Pablo está parado en un semáforo con su monopatín eléctrico. Cuando se enciende la luz verde, arranca con una aceleración constante $a = 2 \text{ m/s}^2$. En el momento de arrancar, Victoria que se mueve en patines con una velocidad constante de 60 km/h lo adelanta. ¿A qué distancia del semáforo lo alcanza?

NOMBRES EQUIPO:

Solución:

CÓMO TRANSFORMAR EL AULA EN UN ENTORNO DE APRENDIZAJE ACTIVO MEDIANTE EL EMPLEO DE ACTIVIDADES BASADAS EN EL MÉTODO POGIL: UNA EXPERIENCIA DESDE LA ASIGNATURA DE ETOLOGÍA

Marta G. Novelle, Inés Sánchez-Román, Miguel Gómez-Boronat y Eva M. Marco

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

Palabras clave: etología; aprendizaje activo; aula invertida; reflexión guiada; aprendizaje cooperativo.

Keywords: ethology; active learning; flipped classroom; guided thinking; POGIL; cooperative learning.

Resumen

La transformación del aula en un entorno dinámico emerge como una herramienta clave para el desarrollo de habilidades transversales a la vez que favorece y potencia la comprensión de conceptos más complejos. Por ello, en el contexto de la asignatura de Etología del Grado en Biología de la UCM nos propusimos implementar una nueva dinámica de trabajo basada en el aula invertida y la metodología POGIL (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*). Finalizada la actividad, los resultados mostraron una gran aceptación de la nueva dinámica entre nuestros estudiantes, que se tradujo en un significativo incremento del conocimiento de la materia, proporcionando además una visión más aplicada y actualizada de este campo de estudio.

Abstract

Classroom transformation into a dynamic environment emerges as a key tool for the development of transversal skills, while also favours and boosts the understanding of more complex concepts. Therefore, in the context of the Ethology course of the Biology Degree at UCM, we proposed to implement a new working dynamic based on the flipped classroom and the POGIL methodology ("Process Oriented Guided Inquiry Learning"). Once the activity was completed, the results showed a great acceptance of the new dynamic among our students, which resulted in a significant increase in their knowledge of the subject, also providing a more applied and updated vision of this field of study.

INTRODUCCIÓN

Un enfoque educativo renovado: hacia una docencia más activa y participativa

La universidad actual se enfrenta al reto de formar estudiantes activos, críticos y comprometidos con su propio aprendizaje. En este contexto, la dinamización del aula se convierte en una necesidad imperiosa para superar el modelo tradicional de enseñanza centrado en la clase magistral y promover metodologías más participativas y motivadoras. En este nuevo enfoque, el docente adopta un modelo de guía-orientador [1], cediendo el protagonismo al estudiantado a través de diversas estrategias y metodologías que faciliten el aprendizaje autónomo y promuevan además un clima positivo que impulse el establecimiento de dinámicas relacionales dentro del aula [2]. En último término se trata de promover el proceso de metacognición en nuestras aulas universitarias. Este proceso es autorreflexivo y permite a los estudiantes tomar las riendas de su propio aprendizaje, siendo conscientes de sus fortalezas, debilidades y estilos de aprendizaje, y pudiendo por tanto desarrollar estrategias más

eficaces. La metacognición va más allá de la simple memorización de datos. Fomenta el aprendizaje profundo, donde los estudiantes no sólo adquieren conocimientos, sino que también comprenden cómo se relacionan entre sí, cómo se aplican en diferentes contextos y cómo se pueden utilizar para resolver problemas. Se trata por tanto de aportar la flexibilidad cognitiva necesaria para enfrentar diferentes retos académicos y profesionales [3]. En consecuencia, la universidad debe reinventarse incorporando al aula nuevos enfoques pedagógicos. Entre ellos cabe destacar la docencia a través del aula invertida (*flipped classroom*), el aprendizaje basado en proyectos o casos prácticos, el desarrollo del trabajo en equipo y el aprendizaje orientado en procesos a través de preguntas guiadas (*Process Oriented Guided Inquiry Learning, POGIL*). En todas estas aproximaciones didácticas la incorporación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) es un pilar fundamental para potenciar este cambio educativo [4,5]. Además, en la actualidad, las estrategias de aprendizaje se ubican en el mismo nivel jerárquico que los conocimientos temáticos específicos de cada disciplina [6].

El aula invertida se ha convertido en una metodología pedagógica innovadora que está revolucionando la educación superior. En contraste con el modelo tradicional de enseñanza, donde el docente imparte la teoría en el aula y los estudiantes la asimilan de forma pasiva, el aula invertida propone un enfoque centrado en el estudiante donde los estudiantes acceden a los contenidos teóricos de forma autónoma, antes de la clase presencial, a través de diferentes dispositivos digitales. Así, al tener un conocimiento previo de los contenidos, los estudiantes pueden participar de forma más activa en las clases presenciales, discutiendo conceptos, resolviendo problemas, trabajando en equipo y desarrollando habilidades críticas. Por otro lado, el docente puede dedicar más tiempo a guiar a los estudiantes, atender sus dudas individuales y fomentar el aprendizaje colaborativo. De entre las distintas herramientas que se utilizan hoy en día para desarrollar el modelo pedagógico referido destaca la aplicación gratuita *Edpuzzle*® [7]. Esta plataforma ofrece diversas ventajas: permite trabajar con vídeos propios, pudiendo adaptar los vídeos de repositorios como *YouTube* y creando nuevo material para el aprendizaje en línea; permite agregar preguntas interactivas a lo largo del vídeo facilitando el seguimiento del progreso de cada estudiante e identificando las principales dificultades del estudiantado; y permite una retroalimentación que permite al profesor explicar la respuesta correcta y reforzar así el aprendizaje [8].

La metodología POGIL surge como otra estrategia pedagógica centrada en el estudiante. Se basa en el constructivismo y la indagación, fomenta el desarrollo cognitivo, el aprendizaje cooperativo mediante el trabajo en equipo y el diseño de la instrucción, entendido como planificación, preparación y organización de los recursos y del tiempo [9]. En cada actividad se muestra un caso de estudio donde, a partir de preguntas, se guía al estudiante a comprender y reflexionar sobre los conceptos que se plantean. En lugar de una clase tradicional dirigida por el profesor, POGIL propone una experiencia de aprendizaje dinámica y participativa en la que los estudiantes trabajen en equipos pequeños, guiados por preguntas cuidadosamente diseñadas por el docente. A través de la cooperación y el debate, el alumnado construye su propio conocimiento y desarrolla habilidades esenciales para el aprendizaje del siglo XXI. Su implementación es especialmente relevante para el aprendizaje de materias científicas, en las que es igualmente importante el componente «contenido» como el componente «proceso». En este sentido, POGIL permite que los estudiantes puedan adquirir capacidad de análisis, desarrollo de pensamiento crítico, capacidad de razonamiento hipotético-deductivo, así como otras habilidades esenciales para el desempeño científico [10]. Consecuentemente, son muchas las investigaciones que han demostrado que los estudiantes obtienen mejores resultados de aprendizaje como resultado de implementar POGIL en el aula [11].

En este contexto, la metodología combinada o híbrida (*blended learning*), que une lo mejor de ambos enfoques pedagógicos (aula invertida + POGIL), se presenta como una propuesta excelente para alcanzar los niveles de competencias más complejos según la taxonomía de Bloom, mediante la creación de entornos educativos dinámicos y proactivos [12].

OBJETIVOS

Uno de los desafíos más importantes de la educación actual es la creación de modelos innovadores que transformen al estudiante en el protagonista activo de su propio aprendizaje [13]. En este nuevo paradigma, las estrategias de enseñanza evolucionan para dar paso a un rol más dinámico para el estudiantado. En base a esta premisa, el objetivo principal del presente proyecto de innovación docente fue dinamizar la práctica docente en los seminarios de la asignatura de Etología, que se imparte con carácter optativo en el tercer curso del Grado en Biología de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Con este fin se propusieron los siguientes objetivos parciales:

- Promover la implicación y participación de los estudiantes en la resolución de problemas actuales en el ámbito de la Etología mediante estrategias de aprendizaje basadas en proyectos, empleando la metodología POGIL.
- Crear equipos de trabajo que faciliten el trabajo cooperativo entre el estudiantado.
- Fomentar la importancia de un trabajo previo individual y búsqueda de información para tener una opinión argumentada dentro del equipo.
- Potenciar el desarrollo de competencias transversales mediante el empleo de TIC y el uso del inglés como lengua fundamental en el ámbito científico.

DESARROLLO DEL PROYECTO

Este proyecto de dinamización del aula se llevó a cabo en el contexto de los seminarios de Etología durante el primer semestre del curso académico 2023-24. Los seminarios, por su naturaleza didáctica, facilitan la implementación de metodologías híbridas y potencian el proceso de autoaprendizaje, lo que contribuye a aumentar la motivación del estudiantado. En el desarrollo de la nueva dinámica han participado 4 profesores del área de conocimiento de Fisiología (Fisiología Animal) del Departamento de Genética, Fisiología y Microbiología, y un total de 98 estudiantes matriculados en dicha asignatura.

Dinámica de trabajo

El primer paso para poder llevar a cabo la dinámica fue la formación de equipos de trabajo constituidos por 4-5 estudiantes. Los equipos los conformaron los propios estudiantes considerando la diversidad en habilidades y competencias, con el objetivo de favorecer el trabajo cooperativo y facilitar la distribución de roles participativos de manera rotatoria a lo largo de las diferentes actividades propuestas. Para afianzar la cohesión entre sus miembros, ellos mismos eligieron el nombre con el que identificarse a lo largo de todas las sesiones de seminarios.

La estructura de la dinámica fue común para todas las sesiones de seminarios. Se organizaron tres actividades diferentes (**figura 1**), en las que se compaginaron trabajo individual y cooperativo. La secuencia de actividades permitió fomentar específicamente cada uno de los objetivos parciales del proyecto. Así, dado que para poder aportar conocimiento al equipo era necesario un trabajo previo individual (Actividad 0), una semana antes de la sesión presencial de seminarios los estudiantes tuvieron a su disposición material audiovisual a través de la plataforma Edpuzzle®. Este trabajo previo permitiría adquirir competencias digitales y los conocimientos necesarios que con posterioridad se aplicarían al trabajo cooperativo. El trabajo en equipo en el aula (Actividad 1) estuvo basado en el método POGIL: el equipo debía responder a 3-4 preguntas sobre la temática específica del seminario, con un tiempo perfectamente ajustado a cada cuestión, en función de su longitud y complejidad. Estas cuestiones estaban basadas fundamentalmente en artículos científicos de reciente publicación. Durante esta fase de la actividad el equipo podía consultar el material bibliográfico aportado por el profesorado a través del campus virtual de la UCM y consultar páginas web u otro material de interés, siempre que fuera debidamente referenciado en el trabajo a entregar. Al final de cada una de las sesiones tuvo lugar un debate que permitió complementar conceptos y consolidar los conocimientos adquiridos. En cada una de las sesiones, los miembros de cada equipo establecían el rol que desempeñaría cada uno de ellos, y que debía rotar a lo largo de las diferentes sesiones de seminarios. Por último, y para verificar la adquisición de los conocimientos, se realizó una última actividad (Actividad 2) en la que, de manera individual, los estudiantes contestaron a preguntas formuladas mediante cuestionarios en la plataforma Moodle del campus virtual de la UCM.

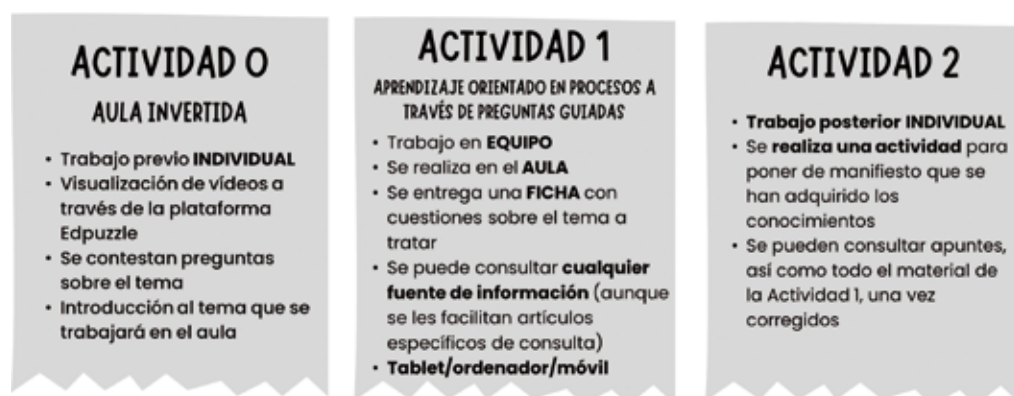


Figura 1. Resumen de la secuencia de actividades realizadas en cada sesión de seminarios.

Muestra de estudio y recogida de datos

La muestra de estudio incluyó un total de 98 estudiantes distribuidos en dos grupos docentes: Grupo C, horario de mañana (48 matriculados) y Grupo F, horario de tarde (50 matriculados). Para evaluar la dinámica de trabajo en los seminarios se diseñaron cuestionarios anónimos a través del campus virtual de la UCM. Estos cuestionarios, basados en la escala Likert (de 1 a 5, siendo 1 la menor satisfacción y 5 la mayor), permitieron recopilar las opiniones de los estudiantes antes y después de la realización de la nueva dinámica. Además de las preguntas Likert, los cuestionarios incluyeron preguntas abiertas para permitir a los estudiantes expresar sus opiniones y sugerencias de forma libre. Los cuestionarios estuvieron disponibles para todos los estudiantes matriculados durante la primera semana del curso académico (septiembre de 2023) y a la finalización de sus respectivos turnos de seminarios (finales de octubre o mediados de diciembre de 2023, según el grupo). Los resultados de las encuestas se analizaron siguiendo los siguientes criterios: i) para determinar el nivel de acuerdo general con la pregunta planteada se sumaron los porcentajes de las respuestas 4 y 5; ii) para medir el nivel de desacuerdo se sumaron los porcentajes de las respuestas 1 y 2. Los resultados obtenidos en el cuestionario inicial se analizaron de manera conjunta, independientemente del grupo docente al que perteneciesen los estudiantes. Por el contrario, los resultados de los cuestionarios finales se analizaron en función del número de sesiones de trabajo en equipo realizadas: 10 seminarios el grupo C (que nombramos como ETO10) y 5 seminarios el grupo F (ETO5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los estudiantes matriculados (98) participaron en la nueva dinámica propuesta, sin embargo, encontramos una baja participación en las encuestas de opinión, fundamentalmente en la encuesta inicial, lo cual limita parcialmente las conclusiones del presente estudio. Así, sólo el 20,4% (20 de 98) de los estudiantes matriculados respondió a las preguntas previas a la implementación de la nueva dinámica didáctica. Después de los seminarios, esta participación aumentó significativamente, aunque de manera diferente en cada uno de los grupos docentes: en el Grupo ETO5 la participación fue del 76% (38 respuestas de 50 matriculados), mientras que en el Grupo ETO10 fue del 36% (17 respuestas de 48 matriculados). Estos datos fueron independientes de la edad ($20,1 \pm 0,1$ años), pero sí se encontraron diferencias cuando se consideró el sexo/género de los estudiantes. En el Grupo ETO5, observamos que el 88,2% de los varones matriculados participaron en las encuestas (15 de 17), mientras que la participación de las estudiantes matriculadas fue de un 66,7% (23 de 33). Por otro lado, en el Grupo ETO10, tanto varones (31,3%) como mujeres (37,5%) participaron en proporciones similares. De cara a futuros trabajos será necesario implementar estrategias que permitan incrementar la tasa de participación con el objetivo de obtener datos más representativos de la población total. En este contexto, algunos autores sugieren que, si bien los cuestionarios en línea presentan múltiples ventajas, las tasas de participación obtenidas con estos cuestionarios son muy inferiores a las alcanzadas en clase con cuestionarios en papel [14], por lo que no descartamos emplear esta metodología más tradicional en futuros trabajos.

Antes de comenzar la dinámica, el estudiantado consideró que la nueva dinámica aumentaría su conocimiento e interés por la materia y le animaría a estudiarla

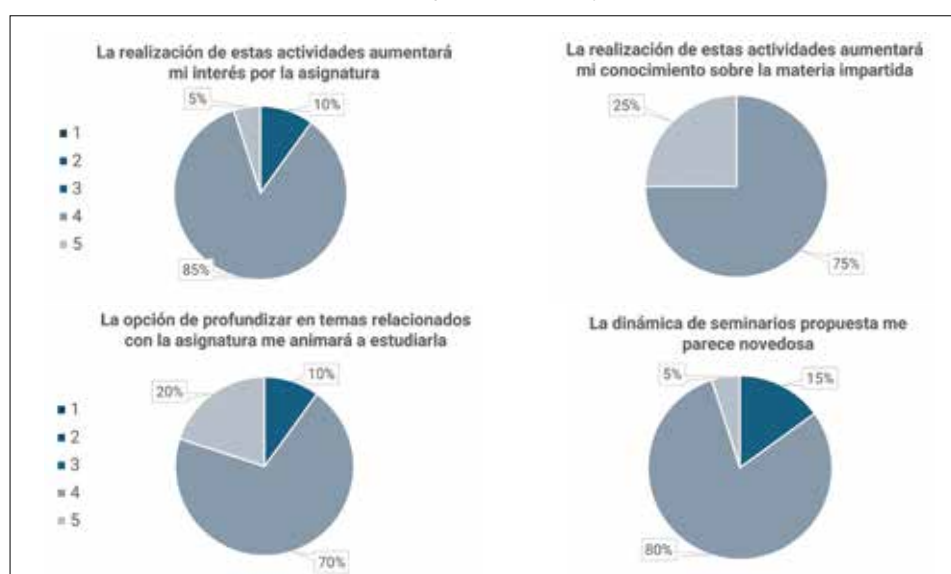


Figura 2. Resultados del cuestionario previo. Escala del 1 al 5 (de menor a mayor grado de satisfacción/aceptación).

El análisis de las respuestas de nuestros estudiantes al cuestionario previo pone de manifiesto una visión muy positiva sobre la nueva propuesta de trabajo. Así, tal como se recoge en la **figura 2**, el estudiantado consideró que la dinámica aumentaría su interés por la asignatura (90% de los participantes). Además, el hecho de poder profundizar en temas novedosos de la materia los animaría a estudiarla (90% de los participantes). En esta misma línea los participantes consideraron que la realización de las actividades propuestas era novedosa (85%) e incrementaría su conocimiento sobre la etología (100%).

El estudiantado consideró que la nueva dinámica aumentó su conocimiento sobre la materia

Finalizadas las sesiones de seminarios se preguntaron nuevamente a los estudiantes las mismas cuestiones. Aunque la perspectiva inicial cambió ligeramente con relación al interés esperado y a la motivación por estudiar la asignatura (**figura 3**), es importante destacar que un 89% de los encuestados del grupo ETO5 y un 100% del grupo ETO10 consideraron que la nueva dinámica aumentó su conocimiento sobre la materia. Estos resultados ponen de manifiesto la gran relevancia que tiene el uso combinado de aula invertida + POGIL como estrategia docente para aumentar el rendimiento académico de los estudiantes universitarios, especialmente eficaz para la enseñanza de las ciencias [10]. De hecho, son muchos los estudios que recalcan cómo el cambio del modelo tradicional de enseñanza hacia un método en el que el estudiantado desempeña un papel más activo en su propio aprendizaje presenta múltiples beneficios [10,15]. Además, respalda la noción de que es la calidad, no necesariamente la cantidad de interacción discente-docente, la que contribuye a mejorar el rendimiento de los estudiantes [16].

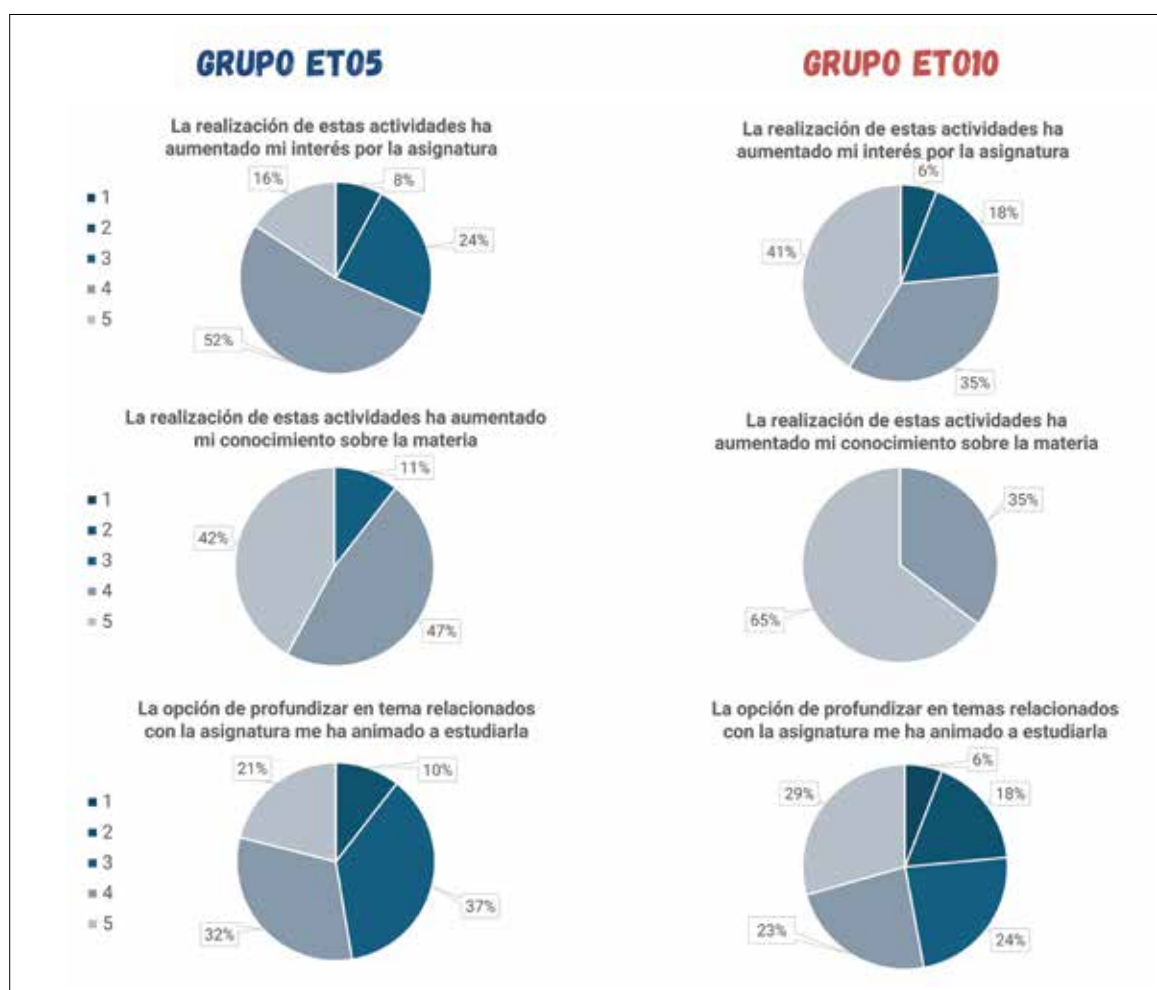


Figura 3. Resultados obtenidos tras la realización de los seminarios. Escala del 1 al 5 (de menor a mayor grado de satisfacción/aceptación).

El desarrollo del pensamiento crítico razonado y el uso de recursos didácticos en inglés siguen siendo competencias transversales que se deben trabajar en el aula

Entre las principales fortalezas didácticas que presenta la metodología híbrida (virtual-presencial) se encuentra el desarrollo de competencias fundamentales para los estudiantes de ciencias, como son la capacidad de desarrollar un pensamiento crítico razonado, la extracción de conclusiones y la generalización de conceptos. Para abordar este objetivo, se preguntó a los estudiantes si consideraban que las actividades propuestas contribuirían a desarrollar su pensamiento crítico razonado y tener una visión más práctica y actual sobre los estudios en etología. Antes de iniciar la dinámica, una gran mayoría de nuestros estudiantes (80%) consideró que las actividades tipo POGIL contribuirían a desarrollar este pensamiento crítico. Finalizados los seminarios esta opinión inicial empeoró ligeramente en el Grupo ETO5 (60%), pero no así en el grupo ETO10 en el que hasta un 94% de los participantes en las encuestas consideraron que la nueva metodología había contribuido a una mayor capacidad de razonamiento de manera argumentada (figura 4).

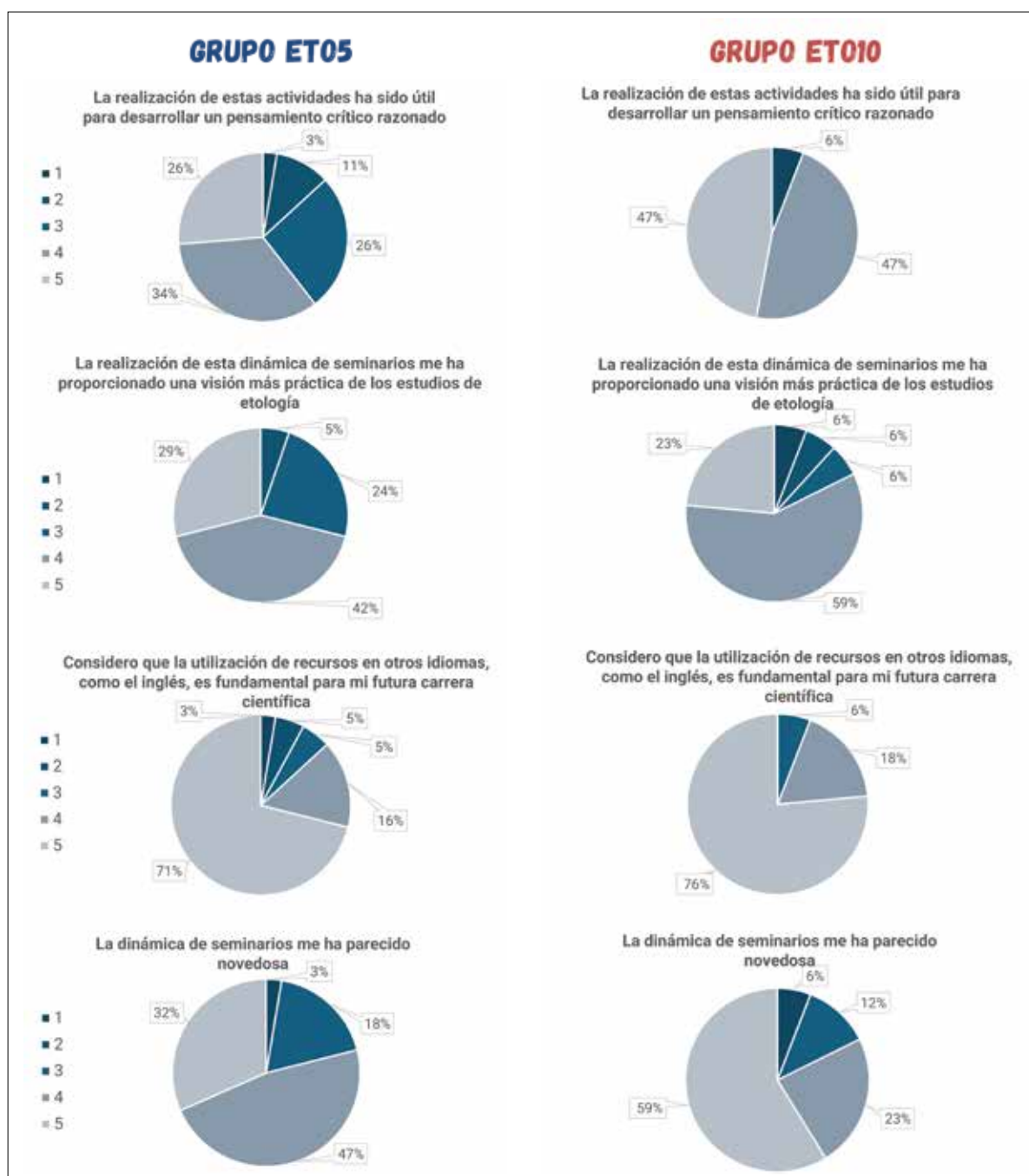


Figura 4. Resultados obtenidos tras la realización de las actividades de seminarios. Escala del 1 al 5 (de menor a mayor grado de satisfacción/aceptación).

Los estudiantes manifestaron una opinión similar cuando se les preguntó si las actividades realizadas presentaban una visión más práctica de la investigación científica en el contexto del estudio del comportamiento animal (71% en el Grupo ETO5, 82% en el Grupo ETO10, frente al 84% inicial). Estas diferencias de opinión entre ambos grupos podrían venir determinadas por el mayor número de sesiones de seminarios realizadas por el Grupo ETO10, lo que les habría permitido desarrollar un mayor compromiso hacia la nueva dinámica. Este mayor interés y compromiso, entendido según diferentes autores como el estado emocional y cognitivo que implica una mayor conexión de los estudiantes con su propio proceso de aprendizaje, se ha correlacionado positivamente con un mayor rendimiento, así como con una experiencia más beneficiosa, y consecuentemente una mayor satisfacción global [17]. Todas estas observaciones han sido respaldadas también por los resultados de nuestro trabajo (figuras 3 y 4). Finalmente, además de estas competencias transversales, conscientes de que el inglés es la lengua vehicular por excelencia en el contexto científico, los diferentes recursos empleados en las sesiones de seminarios (vídeos y artículos científicos) estaban en lengua inglesa. Por ello, se les preguntó a los estudiantes sobre la importancia de utilizar recursos en lengua inglesa como un aspecto fundamental para su futura carrera científica. A pesar de que la metodología basada en impartir un contenido en una lengua extranjera es una práctica común y muy extendida a lo largo de todo el currículum académico, y muy especialmente en la etapa universitaria, todavía encontramos un pequeño porcentaje de nuestro estudiantado que no consideró importante o muy importante el empleo del inglés para su futuro profesional (13% de estudiantes del Grupo ETO5 y 6% de estudiantes del Grupo ETO10, frente al 10% inicial). Dado que la adquisición del lenguaje es una habilidad y no un conocimiento, como docentes deberíamos replantearnos cómo se ha abordado el desarrollo del inglés como competencia transversal a lo largo de los años, y ser capaces de transmitir una visión más práctica del uso del idioma.

El estudiantado consideró positivamente el trabajo en equipo, aunque sigue siendo necesario mejorar la gestión del tiempo

Además de las cuestiones discutidas anteriormente, finalizadas las sesiones de trabajo resultaba de especial interés conocer la opinión de los estudiantes sobre aquello que les había resultado más positivo durante el desarrollo de los seminarios, así como aquello en lo que habían encontrado una mayor dificultad (figura 5). De las diferentes opciones propuestas, el estudiantado podía seleccionar tres de ellas y completar su opinión en preguntas abiertas. En ambos grupos, los estudiantes consideraron que el trabajo en equipo fue la actividad más positiva que desarrollaron a lo largo de los seminarios. El aspecto más negativo fue, sin duda, la gestión del tiempo. A pesar de que todas las actividades y recursos fueron entregadas con un tiempo establecido y perfectamente delimitado, los estudiantes encontraron dificultades en ceñirse a las indicaciones dadas.

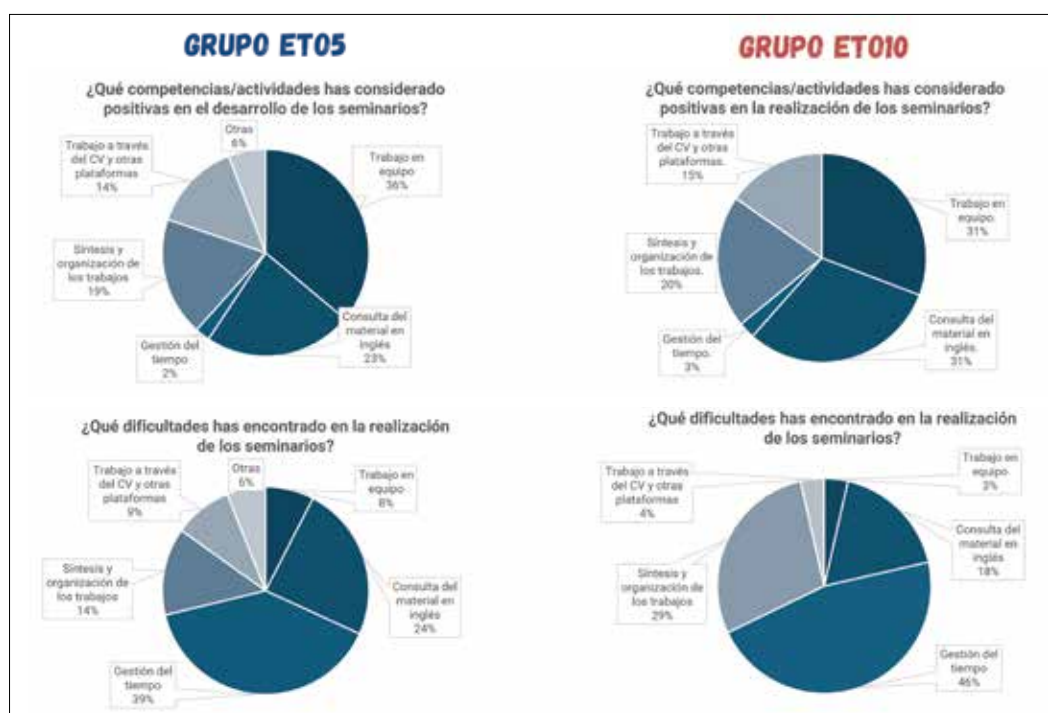


Figura 5. Resultados del cuestionario realizado al finalizar la actividad de seminarios. Los estudiantes podían seleccionar hasta tres actividades/competencias en cada una de las cuestiones planteadas.

Es especialmente llamativo que, a pesar de que considerasen que el trabajo en equipo fue un aspecto positivo, la dificultad para administrar el tiempo correctamente estuviera directamente relacionada con la gestión de los roles participativos y la división de las diferentes tareas dentro de los propios equipos. Otro dato relevante es la aparente discrepancia en cuanto al uso de material en inglés. En el Grupo ETO5 observamos que el porcentaje de estudiantes que consideraron el empleo del inglés como una competencia positiva es igual al porcentaje que lo consideró un aspecto negativo. En contraposición, en el Grupo ETO10 esta visión fue ligeramente más positiva, en concordancia con datos ya comentados anteriormente, y atribuido a un mayor compromiso y conexión con la nueva propuesta.

CONCLUSIONES

Tras la realización de todas las actividades y a pesar de las limitaciones encontradas, una vez analizados los resultados de este trabajo podemos concluir que hemos alcanzado los objetivos propuestos al inicio del proyecto. Mediante la creación de equipos de trabajo basados en estrategias de tipo cooperativo, los estudiantes han sido capaces de resolver cuestiones actuales sobre estudios en comportamiento animal empleando diferentes competencias transversales. Además de la buena acogida entre los estudiantes, el profesorado implicado en este proyecto se mostró igualmente satisfecho con el desarrollo de esta nueva metodología didáctica. Como docentes consideramos especialmente relevante el hecho de que la inmensa mayoría de los encuestados haya estimado que el trabajo contribuyó, sin duda, a aumentar el conocimiento sobre la asignatura, y que esta adquisición de competencias tuvo lugar, en base a la opinión del propio estudiantado, empleando recursos novedosos. En el contexto actual, donde la sociedad nos brinda nuevos desafíos, como la cada vez más creciente internacionalización o la llegada de nuevas tecnologías, creemos necesario seguir potenciando el uso de la lengua inglesa e incorporar la inteligencia artificial como nueva herramienta de trabajo en el desarrollo de estrategias metodológicas futuras.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ALARCÓN, E., REGUERO, M.J. (2018) La triple función del docente en situaciones de aprendizaje cooperativo. *ENSAYOS, Revista de la Facultad de Educación de Albacete* 33(2), 63-75.
- [2] PEREIRA PÉREZ, Z. (2010) Las dinámicas interactivas en el ámbito universitario: el clima de aula. *Revista Electrónica Educare* XIV, 7-20.
- [3] OSSES BUSTINGORRY, S., JARAMILLO MORA, S. (2008) Metacognición: un camino para aprender a aprender. *Estudios pedagógicos (Valdivia)* 34, 187-197.
- [4] NAVARIDAS NALDA, F. (2004) *Estrategias didácticas en el aula universitaria*. Universidad de la Rioja, Servicio de publicaciones. ISBN: 84-95301-87-3.
- [5] RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, M. A., PARREÑO-CASTELLANO, J. M. (2023) Aprendizaje activo en el aula universitaria actual: una experiencia de aprender haciendo. *Didáctica Geográfica* 24, 39-61.
- [6] ESCANERO-MARCÉN, J. F., SORIA, M. S., ESCANERO-EREZA, M. E., GUERRA-SÁNCHEZ, M. (2013) Influencia de los estilos de aprendizaje y la metacognición en el rendimiento académico de los estudiantes de fisiología. *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica* 16, 23-29.
- [7] <https://edpuzzle.com>
- [8] MISCHEL, L.J. (2019). Watch and learn? Using EDpuzzle to enhance the use of online videos. *Management Teaching Review* 4, 283-289.
- [9] <https://pogil.org/>
- [10] SOLTIS, R., VERLINDEN, N., KRUGER, N., CARROLL, A., TRUMBO, T. (2015) Process-oriented guided inquiry learning strategy enhances students' higher level thinking skills in a pharmaceutical sciences course. *American Journal of Pharmaceutical Education* 79, 11.

- [11] VANAGS, T., PAMMER, K., BRINKER, J. (2013) Process-oriented guided-inquiry learning improves long-term retention of information. *Advances in Physiology Education* 37, 233-241.
- [12] DeMATTEO, M.P. (2019) Combining POGIL and a flipped classroom methodology in organic chemistry. *ACS Symposium Series* 1336, 217-240.
- [13] DELGADO MARTÍNEZ, L.M. (2019) Aprendizaje centrado en el estudiante, hacia un nuevo arquetipo docente. *Enseñanza & Teaching* 37, 139-154.
- [14] MATOSAS-LÓPEZ, L., ROMERO-ANIA, A., CUEVAS-MOLANO, E. (2019) ¿Leen los universitarios las encuestas de evaluación del profesorado cuando se aplican incentivos por participación? Una aproximación empírica. *REICE. Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación* 17(3).
- [15] SEN, S. (2024) Process oriented guided inquiry learning: A systematic review using bibliometric analysis. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 52, 188-197.
- [16] PIERCE, R., FOX, J. (2012) Vodcasts and active-learning exercises in a "flipped classroom" model of a renal pharmacotherapy module. *American Journal of Pharmaceutical Education* 76(10), 196.
- [17] KAHU, E.R., NELSON, K. (2017) Student engagement in the educational interface: understanding the mechanisms of student success. *Higher Education Research & Development* 37, 58-71.

TENSEGRIDADES: UN CONTENIDO TRANSVERSAL PARA TODOS LOS NIVELES

Estibalitz Durand Cartagena, Esther Gil Cid, Elvira Hernández García y Juan Perán Mazón

Dpto. Matemática Aplicada. ETSI Industriales. UNED. Madrid (España). edurand@ind.uned.es / egil@ind.uned.es / ehernandez@ind.uned.es / jperan@ind.uned.es

Palabras clave: tensegridades; divulgación matemática.

Keywords: tensegrities; mathematics outreach.

Resumen

La divulgación en matemáticas es necesaria por su importancia en el desarrollo tecnológico. Para ello, es importante trabajar en temas donde se aúnen contenidos asequibles a todos los públicos, distintos niveles de profundización y de investigación, con aplicaciones, atractivos estéticamente y donde sea posible el trabajo manipulativo. Las tensegridades recogen estos condicionantes. En este trabajo se presentan las adaptaciones a varios niveles educativos que se han realizado para las tensegridades. También se recogen las distintas actividades de divulgación que se han desarrollado en distintos contextos con la adaptación anterior.

Abstract

Outreach of Mathematics is necessary in today's world due to its importance in technological development. To achieve this, it is important to have topics joining accessible content for all audiences, different levels of depth and research, with applications that are aesthetically appealing and involve hands-on work. Tensegrities meet these conditions. This work presents adaptations of the mathematics involved in tensegrities for pre-university educational levels. It also includes several activities developed in different contexts with the aforementioned adaptation.

I. INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual las matemáticas tienen una presencia importante. Son la base del desarrollo de tecnologías como inteligencia artificial, *machine learning* o internet de las cosas. Están detrás de algoritmos como la concesión de una tarjeta de crédito o el reconocimiento de imágenes. Antes del salto tecnológico que supuso la inteligencia artificial (IA) ya estaban presentes en nuestro día a día, en el buscador de internet, en la ruta del navegador o en la distribución de la electricidad, por ejemplo. Por todo esto es necesario tener ciudadanos formados en matemáticas para comprender, aunque sea de forma mínima, estos procesos. Además, la presencia constante de matemáticas en multitud de procesos de nuestro día a día hace que se necesiten profesionalmente personas con conocimiento de matemáticas y que la demanda de estos estudios sea grande.

Contrastando con esta necesidad de conocimiento de procedimientos, conceptos, resultados y aplicaciones de procesos matemáticos por la sociedad está la situación de las matemáticas en educación preuniversitaria. Algunos informes muestran resultados bajos entre los estudiantes españoles en competencia matemática. El más reciente es el informe PISA 2022 [1]. Además, la diferencia en rendimiento en matemáticas entre chicos y chicas se ha incrementado en los últimos años, según el informe TIMSS [2].

Algunos estudios recientes, como el del Carey y col. [3] muestran que el bajo rendimiento en matemáticas puede estar debido a motivos intrínsecos como dificultad de los conocimientos o de los procesos en matemáticas, y también a un rechazo a esta disciplina asociado a poca confianza o nerviosismo. Parte de este rechazo puede deberse a no conocer para qué sirven las matemáticas y a percepciones previas, como que son difíciles o que hay que ser muy inteligente para poder entenderlas.

Por otro lado, las preconcepciones de los estudiantes de educación preuniversitaria e incluso del entorno familiar o su formación (véase, por ejemplo [4,5]) influyen en el desempeño en matemáticas. Cuando estas

percepciones son negativas y se quiere evitar un fracaso (suspense) en matemáticas se buscan alternativas a la formación en matemáticas fuera del entorno escolar. Normalmente, estas alternativas son clases particulares o en internet y *edutubers*, donde se aborda la asignatura desde el punto de vista de la resolución de problemas y no se busca profundizar en los conocimientos y en los procesos deductivos. No se potencian el razonamiento, la comprensión de conceptos o el uso de métodos conocidos para enfrentarse a problemas nuevos. Simplemente se busca que se pueda repetir el mismo ejercicio con datos similares, ya que se supone que esto es lo que va a permitir aprobar la asignatura. Esto contrasta con el hecho de que los objetivos de la materia Matemáticas en primaria y secundaria marcados por la LOMLOE (Ley Orgánica de Modificación de la Ley Orgánica de Educación [6]) sean “aplicar distintas formas de razonamiento”, “verificar validez e idoneidad desde un punto de vista matemático” y “reconocer el valor del razonamiento y la argumentación”. La diferencia entre estos objetivos en matemáticas y la concepción de la asignatura en la educación preuniversitaria como resolución de problemas previsibles sobre distintos datos puede estar relacionada con los pobres resultados aportados por los informes sobre competencia matemática.

La situación descrita hace que sea necesario “romper” la percepción negativa de las matemáticas. La divulgación y la innovación educativa pueden ayudar a hacerlo. Con este objetivo, los autores de este trabajo han llevado a cabo distintas actividades de divulgación de matemáticas, en diferentes contextos y situaciones, centradas en las tensegridades. Éstas son estructuras formadas por elementos que trabajan a compresión (barras) unidos por elementos que trabajan a tracción (cables) y que se encuentran en autotensión. Están, por ejemplo, en la rueda de una bicicleta, en puentes, en estadios de fútbol, en esculturas, en robots articulados o en parques infantiles. Tienen aplicaciones en disciplinas tan distintas como arte, ingeniería, arquitectura o biología y a la vez permiten la modelización matemática a muchos niveles educativos y de investigación.

En este trabajo se describe, por un lado, la transposición de las matemáticas de las tensegridades a niveles educativos de primaria, secundaria y bachillerato, siguiendo fundamentos de las matemáticas. También se describen las distintas actividades de divulgación que se han implementado a partir de esta adaptación. Estas actividades incluyen talleres en el aula, trabajos de fin de grado o ferias de ciencia, y siempre hay un elemento manipulativo común: construcción de una tensegridad.

2. QUÉ SON LAS TENSEGRIDADES

En matemáticas lo primero es definir los objetos con los que se trabaja, para poder hacer un desarrollo posterior. Para las tensegridades no es tan sencillo encontrar una definición clara, por lo que comenzamos mostrando algunas en la figura 1. Son estructuras que están en equilibrio estable. Si alguna acción externa las aleja del equilibrio, se recupera la posición inicial cuando deja de ejercerse esta acción. Responden como un todo y cualquier carga puntual se transmite y absorbe por toda la estructura. Además, no sobra ningún elemento y se pueden ensamblar varias estructuras para crear estructuras más complejas.

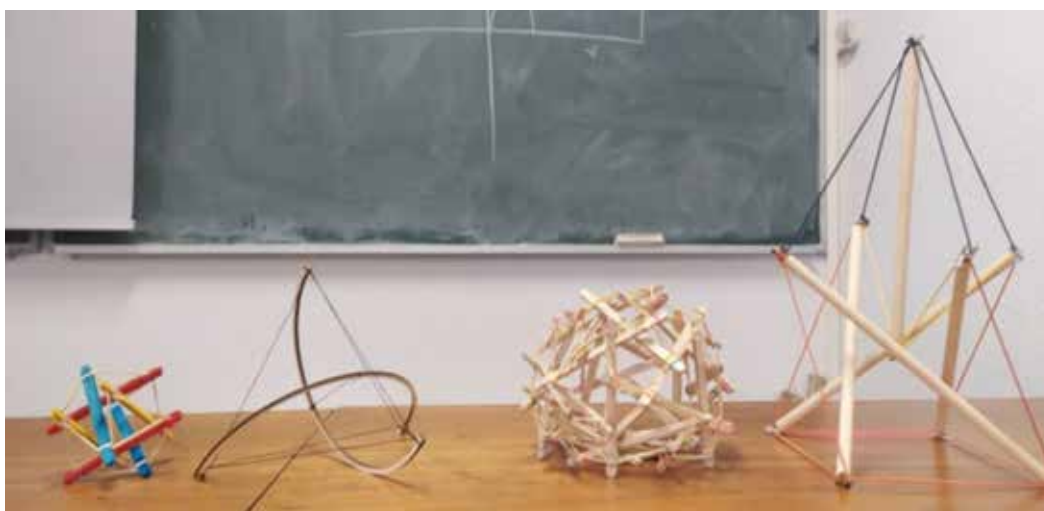


Figura 1. Ejemplos de tensegridades.

Las construcciones del artista lituano Karlis Johansson (o Karl loganson) se consideran actualmente las primeras tensegridades. En una exposición de Moscú en 1920 se exhibieron nueve construcciones autotensadas tridimensionales, que aunaban los principios de tensión-compresión propios de las tensegridades. Empezaron como ideas representadas en un papel, que fueron convertidas en esculturas por él mismo. Este artista sintetizó en la siguiente frase la evolución histórica posterior de las tensegridades:

De la pintura a la escultura, de la escultura a la construcción, de la construcción a la tecnología y la invención, este es mi camino elegido, y sin duda será el objetivo final de todo artista revolucionario.

Más adelante, el arquitecto Richard Buckminster Fuller y el escultor Kenneth Snelson pasaron de la escultura a la construcción, empezando Snelson con esculturas y transformando Fuller estas construcciones en obras arquitectónicas con finalidad práctica, como la cúpula geodésica *Biosfera* de Montreal. Hay muchas más construcciones, como el puente *Kurilpa* en Brisbane. Otro ejemplo es la cubierta del estadio metropolitano de Madrid, donde la estructura que sostiene la cubierta está basada en la misma que una rueda de bicicleta: hay dos circunferencias, una exterior y otra interior, unidas por los radios. Esta estructura, con dos aros rígidos (que comprimen) unidos por los radios (que tensan los aros), logra la circunferencia perfecta del aro exterior y que dentro del aro interior pueda estar el eje de la rueda.

Las aplicaciones de las tensegridades van mucho más allá del arte o la arquitectura (véase, por ejemplo [7]). Hay aplicaciones a robótica (son estructuras estables, que se pueden articular y cuyo coste de construcción y transporte no es elevado), modelizan la estructura de una célula (se puede aplicar a diseño de materiales resistentes), reducen el volumen de los objetos en el espacio, se utilizan en manufactura de muebles, en prótesis humanas (el movimiento de músculos, tendones y huesos es una tensegridad).

Conocido el origen y las ideas principales de las tensegridades, podemos intentar definir ya qué es una tensegridad. El término tensegridad (*tensegrity*) fue acuñado por B. Fuller como contracción de “*tensional integrity*” para describir las construcciones de Snelson. Fuller las definió como “*tensión continua, estructuras de compresión discontinua*”. Snelson dijo que eran “*islas de compresión en un océano de tensión*” ([8]). Gómez-Jaúregui dio en [9] la definición: *Estructura formada por barras (elemento que trabaja a compresión) unidas por cuerdas o cables (elemento que trabaja a tracción) de manera que todo el conjunto está en estado de auto-tensión, se comporta como un todo.*

Todas estas definiciones implican magnitudes físicas; no puede faltar una definición dada a través de las matemáticas. Guzmán y Orden dan en [10] una basada en la formalización matemática de marco de autotensión que cumple unas ciertas condiciones. Este enfoque es el mismo de Connolly [11]. La definición de [12] sintetiza las anteriores:

Consideramos una configuración geométrica constituida por un número finito de puntos y por unos cuantos segmentos que unen estos puntos. Una estructura de tensegridad consiste en asignar vectores a los puntos, en las direcciones de los segmentos que concurren en ellos de forma que:

a. La resultante en cada punto es nula.

b. Para cada segmento, la suma de los vectores asignados a sus extremos es cero.

En esta definición aparecen conceptos matemáticos, como vectores, segmentos o resultante de la suma de vectores. También aparece subyacente el concepto de grafo. Muchos de estos conceptos se conocen en Secundaria y Bachillerato.

Hay otros muchos conceptos y resultados matemáticos que se utilizan. Como ejemplo de investigación en matemáticas sobre tensegridades, citamos los form-finding problems para una tensegridad [13], que determinan la configuración geométrica de puntos y aristas en \mathbb{R}^d (normalmente $n = 2, 3$) para que la estructura esté en equilibrio autotensional. Los métodos matemáticos que implican son temas de investigación complejos.

3. ADAPTACIÓN DE TENSEGRIDADES A MATEMÁTICAS PREUNIVERSITARIAS

Las matemáticas aparecen de manera natural en el diseño y construcción de las tensegridades, desde problemas básicos de álgebra lineal hasta cuestiones mucho más complejas relacionadas, por ejemplo, con métodos de análisis de elementos finitos para dinámicas no lineales. Algunos de estos métodos son objeto

de investigaciones complejas. En el diseño y construcción de tensegridades aparecen contenidos matemáticos diversos y que pueden ser adaptados a las matemáticas de educación primaria, secundaria y bachillerato para diversas actividades de divulgación. Como ejemplo, mostramos la actividad *Tensegridades: tensas pero estables* [14] de la XXI Semana de la Ciencia y la Innovación de Madrid. En esta actividad se adaptaron contenidos matemáticos relativos a tensegridades para un público general. Posteriormente, a partir de esta actividad, se siguió trabajando en la adaptación de las matemáticas subyacentes a niveles universitarios y en el desarrollo de otras actividades. Un elemento común a todas en la construcción final de una tensegridad.

Un primer acercamiento se basa en un armazón inicial para estudiar la configuración mínima de tensores y barras que dan lugar a una tensegridad, basada en la definición de Guzmán. Con este planteamiento antes hay que definir algunos conceptos, como:

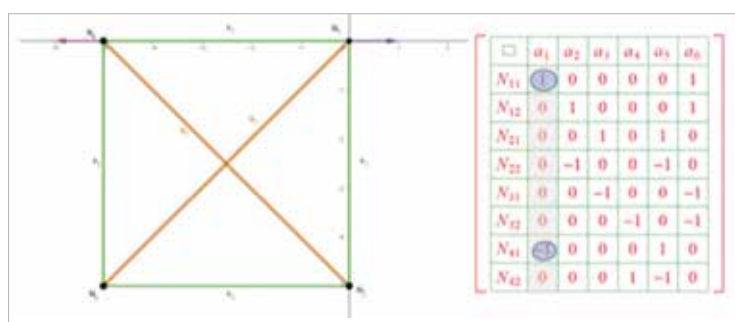
- Grafo: conjunto de vértices y conjunto de aristas que nos indican qué vértices están unidos entre sí mediante aristas.
- Coordenadas en R^3 .
- Aplicaciones, funciones.
- Armazón: realización geométrica de un grafo, e.d. un grafo y una aplicación $f: \text{vértices} \rightarrow R^3$ que nos dice donde están posicionados los vértices en R^3 .
- Vectores, vector opuesto, operaciones con vectores (suma, resta).
- Auto-tensión: función $g: \text{Aristas} \rightarrow R$ que a cada arista le asigna un número real (tensión) de manera que en cada vértice la resultante de las tensiones es nula.

A partir de estos conceptos se introduce la definición de tensegridad: armazón dotado de una autotensión donde al menos una arista tiene una tensión distinta de cero y en la cual:

- Si la tensión de la arista es positiva se sustituye por un tensor. Estos elementos ofrecen resistencia al estiramiento, pero no a la compresión.
- Si la tensión de la arista es negativa se sustituye por un extensor o un puntal (comprime). Estos elementos ofrecen resistencia a la compresión, pero no al estiramiento.
- Si la tensión de la arista es cero, esta se elimina.

Con esta definición se modeliza matemáticamente el problema a partir de *matrices* y se determina si hay elementos que son superfluos. A partir de un grafo con n vértices y m aristas y unos ejes cartesianos, se establece una matriz de dimensión $2n \times m$. En esta matriz, las columnas representan las m aristas y las $2n$ filas representan las dos coordenadas de cada vértice del grafo. En cada vértice representamos los vectores opuestos a las aristas que parten de él. Para cada uno de estos vectores se escribe, en cada elemento de la matriz, las componentes que relacionan las coordenadas de cada vértice con la arista correspondiente. Es decir, esta relación se representa con una matriz y un sistema de ecuaciones asociado. Como ejemplo, en la **figura 2**, se han representado los vectores que corresponde a la arista a_1 de un grafo y se han destacado los elementos de la matriz que determinan. A partir de esta matriz se puede establecer un sistema de ecuaciones con $2n$ ecuaciones y m incógnitas. Sus soluciones que van a ser 1, -1, 0 nos indican si la arista se sustituye por una barra (comprime), un tensor (tracciona) o no es necesaria.

Esta asignación es aleatoria y se podría construir también el dual, cambiando barras y tensores. Observamos además que incluso para el caso más sencillo posible resulta una matriz de grandes dimensiones, y lo mismo ocurre con el sistema de ecuaciones asociado. No se busca que el público asistente a las actividades



de divulgación implementadas realice los cálculos, sino que aprecie que las matemáticas que conocen permiten modelizar y resolver situaciones reales. Para niveles de Bachillerato o superiores, sí se podría resolver, porque a pesar de las dimensiones no es complicado. Se

Figura 2. Matriz asociada a un grafo para la construcción de una tensegridad.

trabaja, con esta aproximación a las tensegridades, con modelización matemática, matrices, sistemas de ecuaciones.

Por otro lado, las tensegridades están muy relacionadas con *poliedros*, ya que cada poliedro regular tridimensional se puede asociar a un grafo bidimensional y éste, a su vez, puede ser asociado en determinados casos a una tensegridad. Además, en una tensegridad podemos asociar las barras y/o los tensores a aristas de un poliedro o a sus vértices.

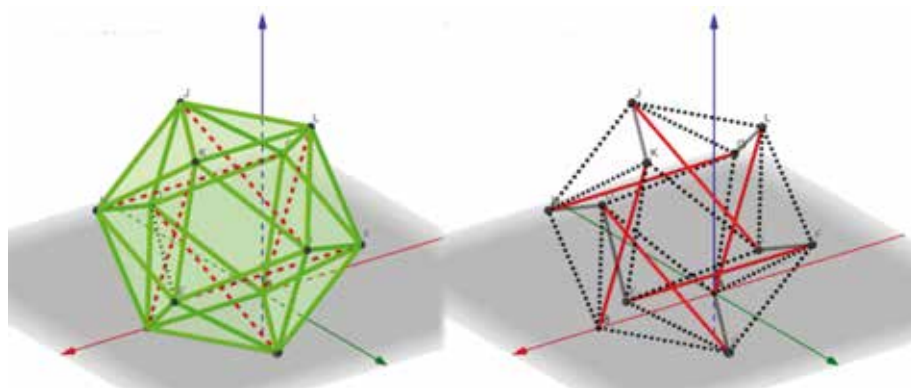


Figura 3. Icosaedro y tensegridad asociada.

En la **figura 3** se han representado un icosaedro, formado por 12 vértices y 30 aristas, en color verde a la izquierda y una tensegridad formada por 12 vértices, 6 barras y 24 tensores a la derecha. Las barras de la tensegridad están superpuestas sobre la imagen del icosaedro, para apreciar la dualidad entre ambos.

Los poliedros son conocidos desde los primeros cursos de Educación Primaria. A estos

niveles se puede incluso introducir la idea de grafo y deducir la fórmula de Euler para los poliedros convexos regulares, en actividades de divulgación. Además, durante la construcción final de la tensegridad se utilizan conceptos como *segmentos*, *rectas*, *paralelas*, *perpendiculares*, *punto medio* y *distancia*. Todos estos conceptos permiten conectar con el alumnado de Educación Primaria.

Podemos trabajar tensegridades y matemáticas con otro planteamiento, implicando trigonometría, funciones, extremos condicionados y derivadas. Partimos de una estructura conocida, como un prisma triangular; con la base girada respecto a la tapa.

En la **figura 4** se puede observar una realización de este prisma, a la izquierda, formada por barras y tensores. A la derecha está una modelización del mismo, donde las barras están representadas en morado y los tensores en azul (para la tapa), rojo (la base) y verde (tensores laterales).

Los tensores forman un prisma donde la tapa y la base están giradas una respecto a la otra. Tanto la tapa como la base son triángulos equiláteros y son paralelos. Vamos a suponer que son de distinto tamaño. En esta representación son iguales, pero podrían tener distinto tamaño. La estabilidad de la estructura depende de la longitud de los tensores de la base, de la longitud de los tensores superiores, de la longitud de los tensores laterales y del ángulo de giro. Todo está relacionado con la longitud de las barras, representadas en color morado.

Suponemos que la longitud de las barras y de los tensores superiores e inferiores son fijas. Se gira la tapa superior respecto a la inferior; la longitud de los tensores laterales cambia. La estructura está en equilibrio cuando la longitud de los tensores laterales es mínima. Encontrar el valor del ángulo de giro donde esto ocurre es posible con un problema de *extremos de funciones*. Para poder plantear una función deben trabajarse contenidos de *trigonometría*, *geometría* (como el teorema de Pitágoras), *coordenadas* o *derivadas*. Se puede simplificar teniendo en cuenta las identidades notables y analizando la expresión resultante de la función.

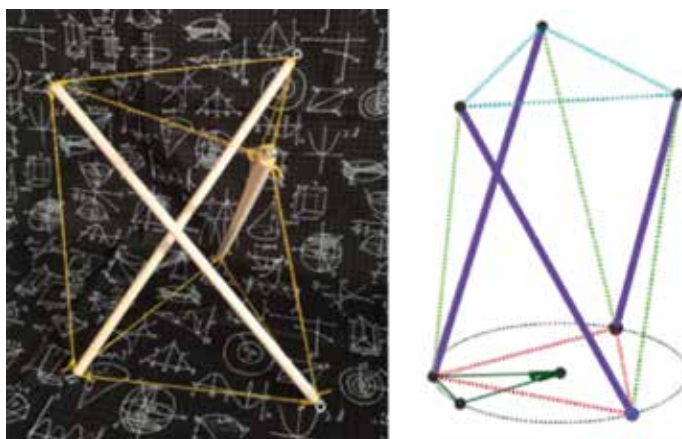


Figura 4. Prisma tensegrítico.

Estos son algunos de los contenidos que hemos adaptado para niveles preuniversitarios. Se ha trabajado también con tensegridades a niveles universitarios, por ejemplo, para la dirección de trabajos de fin de grado. Así, las tensegridades enlazan, adicionalmente, con el trabajo de docentes universitarios, ya que se pueden adaptar contenidos tanto a primeros cursos universitarios de grados en ingenierías como a trabajos de fin de grado relacionados con este tema.

4. IMPLEMENTACIÓN PARA DIVULGACIÓN

Las primeras tensegridades eran esculturas, visualmente son obras que sorprenden y en las que se busca la belleza. Pero no son sólo eso, al requerir conocimientos de ciencias e ingeniería para su construcción. La adaptación de su teoría a matemáticas de nivel preuniversitario tiene como finalidad la divulgación matemática y la innovación docente.

Utilizar tensegridades para divulgación permite trabajar contenidos matemáticos a distintos niveles educativos y a distintos públicos. Además, tienen muchas aplicaciones en distintas disciplinas, lo que da respuesta a una pregunta frecuente de estudiantes de primaria o secundaria: *¿para qué sirven las matemáticas?* Algunas aplicaciones son conocidas por todos, como la rueda de una bicicleta, y se da nombre al principio de su funcionamiento. Otras sorprenden, como los robots basados en tensegridades del CSiC [15] o el *SUPERball* diseñado por NASA [16, 17].

Además, es posible construirlas con material de manualidades (véase, por ejemplo [18]), lo que añade la manipulación a las actividades diseñadas. De hecho, la tensegridad que se construye es la mostrada en la figura 3 y a la izquierda de la figura 1, y su estructura es la del robot *SUPERball* de la NASA.

Por otro lado, las tensegridades nos permiten mostrar fundamentos de las matemáticas, trabajar con definiciones y con las demostraciones, o explicar cómo se modeliza, como hemos mostrado en el apartado anterior.

Es posible adaptar los contenidos a diversas situaciones de divulgación, tanto por la heterogeneidad de los destinatarios como por la duración de estas actividades. Para explicar esto, vamos a describir distintas actividades que se han desarrollado, indicando público objetivo, contenidos trabajados, duración y contexto donde se han desarrollado.

Todas estas actividades, que explicitamos a continuación, tienen distinta duración y finalidad, están adaptadas a distintos niveles educativos y públicos y muestran la versatilidad de estos contenidos para actividades de divulgación. Como se ha comentado, en todas ellas se termina con la creación de una tensegridad a partir de palos de manualidades y gomas elásticas. A cada participante se le dan en un sobre con un código QR que enlaza con la página web del grupo donde hay información y tutoriales para la construcción de nuevas tensegridades.

Actividades en un aula

Se han realizado desde tercer curso de Primaria hasta segundo de Bachillerato. Estas actividades también se han implementado en programas como 4ESO+Empresa de la Comunidad de Madrid. La duración es de 50 minutos. Se han trabajado contenidos adaptados al nivel de los asistentes. Siempre se muestran aplicaciones, aunque no siempre se hace énfasis en las mismas, ya que se busca motivar a los destinatarios.

Respecto a los contenidos matemáticos que se trabajan, en Primaria se centran en *poliedros, números, aplicaciones, rectas paralelas y perpendiculares*, incluso se introducen grafos o coordenadas relacionándolas con movimiento en un videojuego. Para Secundaria y Bachillerato los contenidos van más allá, al mostrar aplicaciones de las *matrices, de funciones, espacios vectoriales, trigonometría, teorema de Pitágoras o extremos relativos*.

Los contenidos que se introducen se relacionan con ejemplos cercanos a los destinatarios, como la modelización de seguidores en redes sociales con grafos, trabajando la sensación de muchas personas de que quien menos seguidores tiene en las redes sociales es uno mismo.

Transversal a todos los niveles es la introducción de definiciones y modelización; en cursos superiores además se trabaja la demostración.

Talleres y ferias de ciencia

Similares a las actividades en centros educativos son los talleres desarrollados en Semanas de la Ciencia. Estos talleres tienen una duración mayor, entre 90 y 120 minutos aproximadamente. La mayor dificultad en estos talleres es que el público objetivo es muy heterogéneo, entre 9 y 90 años. Por eso, es necesario un esfuerzo

extra para conseguir que resulte estimulante y atractivo y que aporte a todo el público, y que a la vez nadie se aburra.

Se refuerzan las aplicaciones de las tensegridades y ejemplos que resulten cercanos a algunos asistentes y que para otros sean desconocidos y atractivos, como grafos y redes sociales.

En estos talleres se dispone de más tiempo que en actividades en un aula, y la dinámica permite una atención personalizada al construir la tensegridad. Los contenidos matemáticos que se trabajan son los equivalentes a Primaria y Secundaria y tal como se hace en centros educativos se dan definiciones, se modeliza y se dan ideas de demostraciones.

Para ferias de ciencia hay asistentes que tienen desde 3 años y normalmente no se dispone de más de 10 minutos. Gran parte del tiempo se dedica a la construcción de la tensegridad. Para dar sentido a esta construcción se cuentan aplicaciones (mediante imágenes), se definen y se dan pinceladas de dónde intervienen las matemáticas en estas estructuras. Para los asistentes de menor edad se puede hablar de paralelas y perpendiculares. A los asistentes de mayor edad y nivel educativo se les muestra cómo se modelizan y cómo se determina si hay elementos superfluos a través de matrices o la posición óptima con trigonometría.

Otras

Finalmente, recientemente hemos utilizado las tensegridades como base para un curso 0 para futuros estudiantes de ingeniería [19]. A partir de las tensegridades se introducen diversos conceptos como vectores, espacios vectoriales, matrices, sistemas de ecuaciones, funciones, trigonometría, extremos condicionados y derivadas, o se hacen demostraciones.

5. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Las tensegridades se han mostrado como estructuras que relacionan el arte con las matemáticas, la física, la ingeniería y la arquitectura. Aunque las matemáticas subyacentes no son elementales, sí es posible adaptarlas a situaciones que se pueden resolver con matemáticas de educación obligatoria preuniversitaria. Tras diseñar y materializar estas adaptaciones se han desarrollado distintas actividades de divulgación, que han sido talleres en centros educativos, en semanas de la ciencia o ferias de ciencia (**figura 5**). Además, se ha incorporado a actividades con docentes universitarios (cursos 0 o trabajos de fin de grado).

Se mantienen elementos transversales comunes y esenciales en las matemáticas y se adapta al nivel curricular de los destinatarios y a la duración y finalidad de cada actividad. Este enfoque permite acercar y divulgar las matemáticas en muy diversos niveles educativos y escenarios de divulgación matemática. En las actividades desarrolladas siempre se ha incorporado la construcción de una tensegridad con palos de manualidades y gomas elásticas, proceso en el que se sigue hablando de conceptos matemáticos como paralelas, perpendiculares y espacios tridimensionales.

Trabajar con un tema tan versátil permite modelizarlo matemáticamente y trasponerlo a distintos niveles educativos y tipos de actividades. Con ejemplos adecuados de la vida diaria y con la inclusión de actividades manipulativas hacen que sean actividades llamativas y que permitan divulgar de forma atractiva conceptos y procedimientos de las matemáticas.



Figura 5. Actividad en feria de Ciencia y sobres.

Al proporcionar a cada asistente (**figura 5**) un sobre con el material para construir la tensegridad y un código QR con enlace a más información en la web del grupo, se permite que los curiosos puedan acercarse a las matemáticas y sigan investigando con su cuenta en este y otros temas.

Una dificultad es encontrar una definición desde el punto de vista matemático que sea asumible para todos los niveles. La propuesta de futuro es proporcionar más materiales para construir una tensegridad usando materiales que se ensamblan, para enriquecer las posibilidades creativas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deporte (2023) PISA 2022 Programa para la evaluación internacional de los estudiantes. Informe español. Madrid. [En línea] https://www.libreria.educacion.gob.es/ebook/184935/free_download/
- [2] TIMSS 2019 (2020) Informe español (I). Resultados en matemáticas y ciencias (2020). Boletín de educación educaínee nº 66. [En línea] https://www.libreria.educacion.gob.es/libro/boletin-de-educacion-educaínee-no-66-timss-2019-informe-espanol-i-resultados-en-matematicas-y-ciencias_182115/
- [3] CAREY, E., DEVINE, A., HILL, F., DOWKER, A., MCLELLAN, R., SZUCS, D. (2019) Understanding Mathematics Anxiety: Investigating the experiences of UK primary and secondary school students. Centre for Neuroscience in Education. [En línea] doi: 10.17863/CAM.37744
- [4] MATO, M. D., MUÑOZ, J. M., CHAO, R. (2014) Influencia de la profesión de los padres en la ansiedad hacia la matemática y su relación con el rendimiento académico en alumnos de secundaria. Ciencias Psicológicas VIII (1): 69-77.
- [5] RICOY LORENZO, M.C., SILVA COUTO M.J.V. (2018) Desmotivación del alumnado de Secundaria en la materia de matemáticas. REDIE: Revista Electrónica de Investigación Educativa, 20(3), 69-79. [En línea] doi:10.24320/redie.2018.20.3.1650
- [6] Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. [En línea] <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- [7] GAN, B. S. (2020) Computational Modeling of Tensegrity Structures: Art, Nature, Mechanical and Biological Systems, Springer International Publishing.
- [8] GOMEZ-JAUREGUI, V., CARRILLO-RODRIGUEZ, A., MANCHADO, C., LASTRA-GONZÁLEZ, P. (2023) Tensegrity applications to Architecture, Engineering and Robotics: a review. Applied Sciences. 13. doi: 10.3390/app13158669
- [9] GOMEZ-JAUREGUI, V. (2004) Tensional structures and their application to Architecture. Tesis doctoral. School of Architecture, Queen's University, Belfast.
- [10] GUZMÁN, M., ORDEN, D. (2004) From graphs to tensegrity structures: Geometric and symbolic approaches. Publicacions Matemàtiques. 50. doi: 10.5565/PUBLMAT_50206_02
- [11] CONNELLY, R. (2002) Tensegrity structures: why are they stable? In: Thorpe, M.F., Duxbury, P.M. (eds) Rigidity Theory and Applications. Fundamental Materials Research. Springer, Boston, MA. doi: 10.1007/0-306-47089-6_3
- [12] SANTOS-LEAL, F. (2006) Introducción a las tensegridades. [En línea] <https://personales.unican.es/santosf/Talks/escorial2006.pdf>
- [13] TIBERT, G., PELLEGRINO, S. (2003) Review of form-finding methods for tensegrity structures. International Journal of Space Structures. 18 (4).
- [14] Tensegridades. [En línea] <https://www.uned.es/universidad/inicio/unidad/IUED/innovacion/grupos-innovacion/grupo-20/tensegridad.html>

- [15] <https://digital.csic.es/handle/10261/49325>
- [16] VESPIGNANI, M. , FRIESEN, J. M., SUNSPIRAL, V., BRUCE, J. (2018) Design of SUPERball v2, a compliant tensegrity robot for absorbing large impacts. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Madrid, Spain, pp. 2865-2871, doi: 10.1109/IROS.2018.8594374
- [17] <https://www.youtube.com/watch?v=hkzeE6BVNlk>.
- [18] MAESTRE, N. (2015). Una tensegridad casera. [En línea] <https://divermates.es/una-tensegridad-casera/>
- [19] <https://canal.uned.es/video/666960edaef0255f82157934>

MIRANDO CON OTROS OJOS: REFLEXIONES PRAGMÁTICAS DE LA QUÍMICA DESDE LAS ÁREAS DE CIENCIAS DE LA SALUD E INGENIERÍAS

Esther Gómez-Mejía¹ y David Vicente-Zurdo^{1,2}

¹ Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid, España

² Centro de Excelencia en Metabolómica y Bioanálisis (CEMBIO), Departamento de Química y Bioquímica, Facultad de Farmacia, Universidad San Pablo-CEU, 28925, Madrid, España

Palabras clave: química; grados de ciencias de la salud e ingenierías; aprendizaje; competencias científicas transversales; prácticas de laboratorio; percepción de los estudiantes.

Keywords: chemistry; health sciences and engineering degrees; learning; cross-disciplinary scientific skills; laboratory practice; student's perception.

Resumen

La enseñanza universitaria está en un proceso constante de evolución para adaptarse a las necesidades de la sociedad. En este sentido, la enseñanza de la química supone un gran reto para estudiantes de carreras afines, especialmente debido al perfil tan diferente del profesor y el que adquirirá el futuro graduado. En este contexto, las sesiones dedicadas a las prácticas de laboratorio se consideran esenciales para que se pongan en práctica los conocimientos aprendidos en las clases teóricas y se adquieran determinadas competencias requeridas en la práctica profesional. Con el fin de contribuir a la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje, en este trabajo se describe un estudio basado en una metodología cuantitativa de carácter descriptivo, mediante una encuesta de autopercepción realizada por los propios alumnos, proporcionando información muy relevante para comprender adecuadamente estas cuestiones.

Abstract

University education is in a continuous process of evolution to adapt to the needs of society. The teaching of Chemistry is a great challenge for students of related disciplines, especially due to the quite different profile of the teacher and that of the future graduate. In this context, the sessions dedicated to laboratory practices are considered essential to put into training the knowledge learned in theoretical classes and to acquire certain competences required in professional practice. In order to contribute to the improvement of the teaching and learning process, this paper describes a study based on a quantitative methodology of descriptive nature through a self-perception survey, carried out by the students themselves, providing very relevant information for a proper understanding of these issues.

INTRODUCCIÓN

Los cambios introducidos en el Espacio Europeo de Educación Superior han tenido grandes repercusiones en la práctica docente universitaria, destacando su impacto en las formas de enseñanza y aprendizaje. Uno de los retos es el de adaptar la enseñanza para satisfacer las necesidades de los estudiantes, proporcionar retroalimentación constructiva y fomentar su implicación en el proceso de enseñanza y aprendizaje. En este sentido, uno de los mayores desafíos en dicho proceso es que el estudiante tenga un papel activo y participativo en su propia formación y en la evaluación de su aprendizaje, potenciándose la adquisición de habilidades y competencias más que la mera acumulación de conocimientos [1].

La química juega un papel fundamental, formando parte de la formación obligatoria, en los grados de ciencias de la salud y de las ingenierías. Así, la asignatura de Química se encuentra en el plan de estudios de numerosas titulaciones tales como los Grados en Farmacia, Biotecnología o Ingeniería Química, entre otros. Sin embargo, a pesar de la importancia que tiene como ciencia central para el desarrollo económico y social, es considerada una de las asignaturas menos populares y relevantes.

En este contexto, las prácticas de laboratorio asociadas a las asignaturas de química se desarrollan en un entorno específico donde los estudiantes tienen que realizar una gran variedad de tareas (trabajo en equipo, revisión de los fundamentos teóricos, manejo de aparatos y de equipos, aplicación de una metodología o análisis de los resultados experimentales). Estas actividades prácticas son esenciales para adquirir destrezas y habilidades, así como para la comprensión de conceptos, en algunos casos, sumamente abstractos. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, las tareas prácticas facilitan una enseñanza dirigida a la adquisición y dominio de competencias al promover una utilización integrada, funcional y, en la medida de lo posible, contextualizada de los contenidos.

Sin embargo, a la hora de diseñar una actividad de laboratorio, el resultado del proceso de enseñanza y aprendizaje no siempre es el planificado y en muchas ocasiones no se alcanzan las competencias generales, transversales y específicas deseadas. Entre los aspectos a tener en cuenta cabe destacar el objetivo general, el papel de la preparación, la enseñanza de la técnica y la consideración de las dimensiones afectivas del aprendizaje [2].

Esta situación es especialmente notable entre los estudiantes de disciplinas afines a la química, como las ciencias de la salud o las ingenierías, donde las prácticas de laboratorio se convierten a menudo en un “trámite”, más que en una oportunidad para desarrollar habilidades transversales necesarias para su formación [3].

Por todo lo anteriormente mencionado, el objetivo de este trabajo ha sido obtener conocimiento contrastado sobre las percepciones de los estudiantes universitarios de las citadas áreas acerca de los conocimientos adquiridos en las prácticas de laboratorio de Química General, Analítica y Bioanalítica. Por otro lado, se pretende realizar propuestas para la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje para próximos cursos, a partir de la evaluación de los resultados obtenidos.

METODOLOGÍA

El instrumento utilizado fue un cuestionario *ad hoc* con el fin de recoger las percepciones de los estudiantes sobre el impacto académico de las prácticas de laboratorio, hasta ahora poco estudiadas empíricamente. La **figura 1** muestra el esquema de trabajo seguido.

Resumidamente, al finalizar las actividades prácticas, se llevó a cabo un proceso de evaluación de la percepción y de los conocimientos adquiridos a través de una encuesta anónima completada por el alumnado. Esta encuesta en línea *in situ* y de carácter optativo se realizó mediante el software de administración de encuestas Google Forms, a estudiantes correspondientes a los Grados en Farmacia, Biotecnología, Ingeniería Química y Doble Grado en Farmacia y Biotecnología, de la Universidad CEU San Pablo y de la Universidad Complutense de Madrid (UCM).

Se encuestaron estudiantes desde el primer hasta el sexto curso inscritos en asignaturas de diversos ámbitos de la química, incluyendo Química General, Analítica y Bioanalítica. Asimismo, es importante destacar que los alumnos estaban matriculados tanto en grados bilingües como en grados impartidos exclusivamente en español. Los detalles de las asignaturas, el curso y los grados del estudio de campo realizado se presentan en la **tabla 1**.



Figura 1. Representación esquemática del flujo de trabajo adoptado para el análisis del impacto de las prácticas de Química en los grados en Ciencias de la Salud e Ingeniería.

De las 10 preguntas de las que constaba la encuesta, 8 estaban basadas en la escala Likert [4], permitiendo medir actitudes y determinar el grado de conformidad con los aspectos planteados. Esta escala, utilizada en trabajos previos [5], constó de 5 niveles: totalmente de acuerdo, de acuerdo, neutro, en desacuerdo y totalmente en desacuerdo.

Tabla 1. Detalle de las asignaturas involucradas.

Asignatura (ECTS)	Curso	Grado/Doble Grado	Idioma	Universidad
Química General (9)	1º	Farmacia Biología y Farmacia	Inglés	CEU San Pablo
Química Analítica (9)	2º	Ingeniería Química	Español	UCM
Técnicas Bioanalíticas (3)	3º 6º	Biotechnología Farmacia y Biotechnología	Inglés	CEU San Pablo

El contenido de estas 8 preguntas estaba enfocado en la autopercepción de los estudiantes sobre los conocimientos adquiridos y su comunicación, así como sobre la utilidad de la química en su formación y futuro profesional.

Además, se plantearon dos cuestiones de campo abierto, o de respuesta libre, sobre propuestas de mejora del proceso de aprendizaje para la realización de las prácticas por futuros alumnos. Esto último podría facilitar una transmisión de información más eficaz, ya que se produciría entre pares, con los beneficios que ello conlleva. En la **tabla 2** se muestran las preguntas y afirmaciones utilizadas en la encuesta.

Finalmente, las respuestas de los estudiantes fueron analizadas utilizando *Statgraphics Centurion 19*, una herramienta de análisis estadístico que proporciona un entorno integrado de análisis de datos. Permite comparar las diferentes respuestas entre alumnos, mediante análisis de la varianza (ANOVA) unifactorial y la prueba *LSD* de Fisher o *t* de Student, según fuera pertinente.

Tabla 2. Cuestionario utilizado en la valoración de la percepción de los estudiantes tras la realización de las prácticas.

PREGUNTAS BASADAS EN LA ESCALA LIKERT (entre 1 y 5)	
1.	Poseo y comprendo conocimientos de esta área de estudio, aunque tenga que apoyarme en libros de texto avanzados.
2.	Los conocimientos que he adquirido serán de gran utilidad en mi futuro trabajo para defender y elaborar argumentos, así como para resolver problemas.
3.	Puedo llevar a cabo, en presencia del profesor, procedimientos del laboratorio estándar, como el uso de equipos científicos.
4.	Soy capaz de evaluar los riesgos asociados a la utilización de sustancias químicas y procesos de laboratorio.
5.	Soy capaz de describir con precisión un experimento químico.
6.	Puedo extraer conclusiones de forma autónoma a partir de la realización de un experimento químico.
7.	Soy capaz de escribir un informe científico sobre un experimento.
8.	Soy capaz de transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público, tanto especializado, como no especializado.
PREGUNTAS CAMPO ABIERTO	
1.	¿Qué recomendaciones y/o consejos darías a los próximos alumnos para mejorar su aprendizaje en esta asignatura?
2.	Otros aspectos a comentar para mejorar las prácticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con relación a los resultados obtenidos, es de mencionar que en total se recogieron 57 cuestionarios, lo que constituyó una tasa de respuesta del 82% del alumnado matriculado en las asignaturas prácticas mencionadas, en conjunto.

Una vez recogidas y ordenadas todas las respuestas, se llevó a cabo una primera visualización de aquellas basadas en la escala Likert. En la **figura 2** se presenta el gráfico de barras agrupado para las 8 cuestiones de este tipo, en la que se indica el porcentaje de estudiantes que han respondido con los diferentes niveles a cada pregunta.

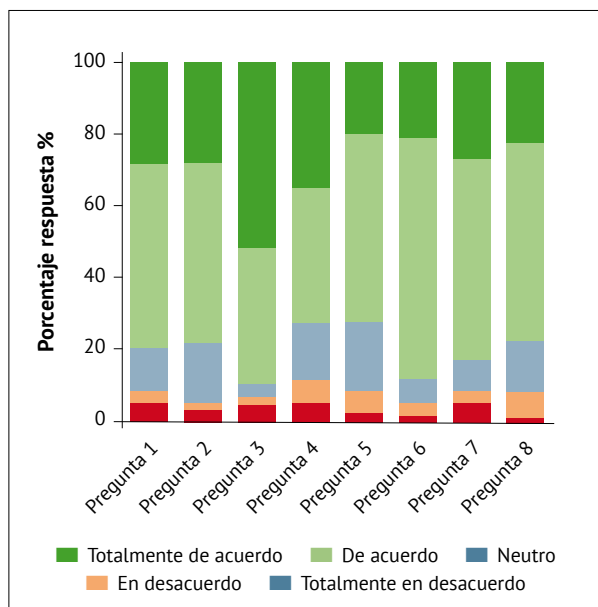


Figura 2. Resultados de la encuesta de percepción obtenidos con la escala Likert, expresados en tanto por ciento.

Los resultados mostraron una valoración positiva con relación a la aplicabilidad de las actividades prácticas, la adquisición de competencias y el planteamiento de la actividad en sí, alcanzando, como mínimo, el 50% de las respuestas valoraciones bien “totalmente de acuerdo” o “de acuerdo”. En este sentido, es de destacar que la mayoría de los estudiantes (89,5%) están “de acuerdo” o “totalmente de acuerdo” en que pueden llevar a cabo procedimientos estándar del laboratorio, como el uso de equipos científicos (pregunta 3).

Por el contrario, los estudiantes encuestados consideraron que uno de los mayores retos era evaluar los riesgos de los productos químicos (pregunta 4), así como describir con precisión un experimento químico (pregunta 5), tareas imprescindibles en cualquier salida profesional relacionada con la química. Así, ambas respuestas contaron con el mayor porcentaje de valoraciones “neutro” (19,3%), “en desacuerdo” (5,3%) y “totalmente en desacuerdo” (7,0%).

Asimismo, aproximadamente el 70% de los encuestados se consideraron capacitados para comprender conocimientos especializados de química con el apoyo de un material didáctico (pregunta 1). En general, el 20% indicaban estar “totalmente de acuerdo” en todos los ítems y sólo el 12% mostraron estar “en desacuerdo” y “totalmente en desacuerdo”.

Para determinar el sesgo de las respuestas, así como para analizar la posible relación entre las variables cualitativas incluidas en este estudio (grado, curso e idioma de impartición de las asignaturas prácticas) y la autopercepción mostrada en las respuestas de los alumnos, se analizaron las diferencias en las medias de las respuestas de cada pregunta, para cada variable, mediante ANOVA unifactorial, seguido de la prueba LSD de Fisher o la prueba *t* de Student. Con este fin, se otorgó un valor numérico a las diferentes respuestas basadas en la escala Likert: totalmente de acuerdo (5), de acuerdo (4), neutro (3), en desacuerdo (2) y totalmente en desacuerdo (1).

Con respecto a las respuestas de los estudiantes según el grado cursado, el análisis de la varianza unifactorial mostró diferencias significativas en las respuestas de las preguntas 1 y 3, relativas al conocimientos de esta área de estudio, y sobre procedimientos del laboratorio y manejo de equipos científicos, a un nivel de confianza del 95%. La posterior comparación por LSD de Fisher reveló que los alumnos con una auto-percepción más favorable en ambas cuestiones (valor $p < 0,05$) pertenecían al doble Grado en Farmacia y Biotecnología y al Grado en Farmacia (**figura 3a**). Por el contrario, los alumnos del Grado en Ingeniería Química mostraron respuestas significativamente menos favorables (valor $p < 0,05$). En el resto de las cuestiones existía una gran dispersión en las respuestas de los estudiantes, siendo las diferencias no significativas (valor $p > 0,05$).

A modo de ejemplo, en la **figura 3** se muestran las gráficas con medias y su desviación estándar obtenidas atendiendo al grado de los alumnos encuestados para las respuestas 1 y 2 (**figuras 3a** y **3b**, respectivamente).

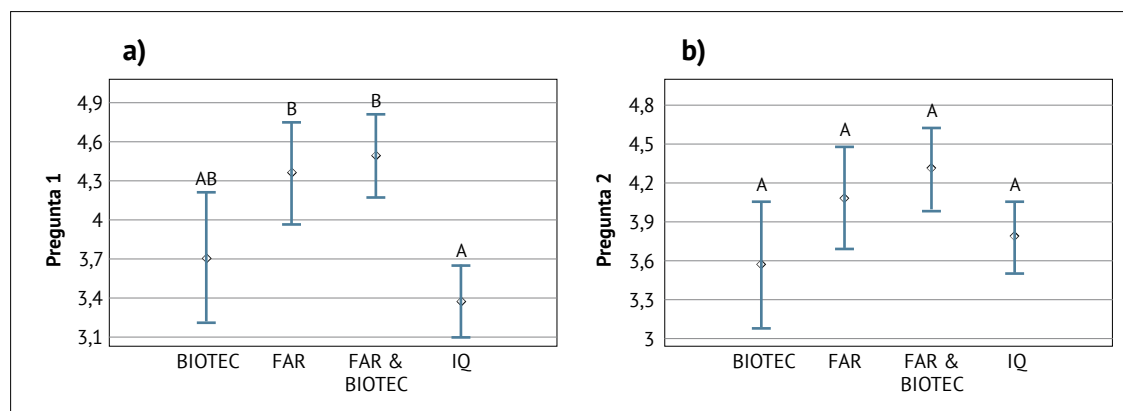


Figura 3. Gráfica del análisis ANOVA unifactorial de las respuestas a las preguntas 1 y 2 en función del grado cursado. Las medias con diferentes letras indican diferencias significativas según la prueba LSD de Fisher al 95% de probabilidad. BIOTEC: Biotecnología, FAR: Farmacia, IQ: Ingeniería Química.

Por lo que respecta a las respuestas de los estudiantes según el curso, el análisis de la varianza unifactorial mostró diferencias significativas (valor $p < 0,05$) en las respuestas de las preguntas 1, 5, 6 y 7, relativas a conocimientos del área de estudio y a la capacidad de descripción de experimentos científicos, la escritura de informes y la extracción de conclusiones, respectivamente. De modo general, la prueba LSD de Fisher mostró que los alumnos de 6° curso se consideraban más capacitados para las tareas anteriormente mencionadas, seguidos de los alumnos de 1° y 3° curso (figura 4a). Fueron los alumnos de 2° curso los que se percibieron menos capaces en todos los casos (figura 4). Este resultado sigue una tendencia asemejable al efecto *Dunning-Kruger*, según el cual los individuos con menos conocimientos (alumnos de 1° curso) sobreestiman sus propias capacidades [6], observando resultados equivalentes a los alumnos de cursos más avanzados (6° curso) (figura 4a). Mientras tanto, los alumnos de cursos intermedios muestran una menor autopercepción de sus conocimientos, posiblemente debido a que empiezan a observar la magnitud de las competencias a adquirir en el grado (figura 4). Análogamente al estudio anterior, no se observaron diferencias significativas (valor $p > 0,05$) en el resto de las preguntas, dada la gran dispersión de las respuestas.

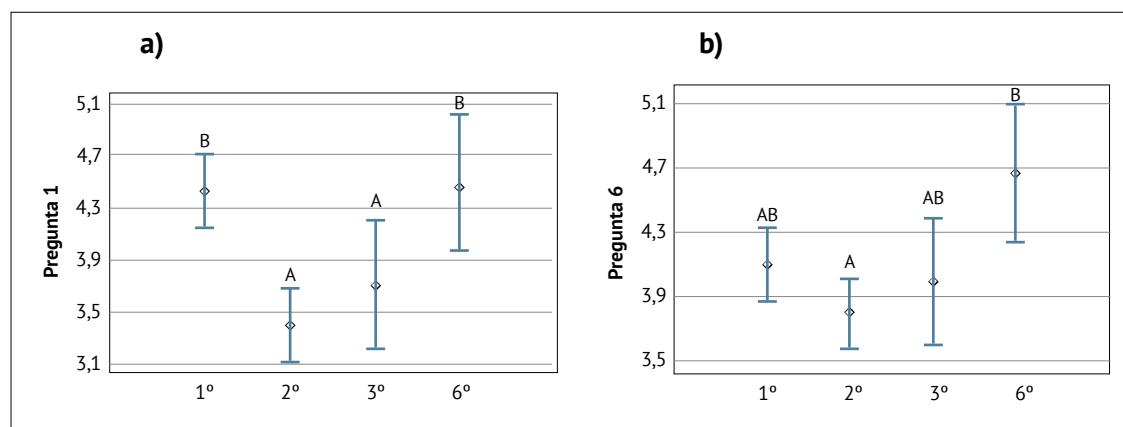


Figura 4. Gráfica del análisis ANOVA unifactorial de las respuestas a las preguntas 1 y 6 en función del curso de los alumnos encuestados. Las medias con diferentes letras indican diferencias significativas según la prueba LSD de Fisher al 95% de probabilidad

Por otro lado, se evaluó estadísticamente el efecto del idioma en las respuestas de los estudiantes encuestados, aplicando la prueba *t* de Student. A modo de ejemplo, en la figura 5 se representan los niveles de la escala Likert (1-5) frente a la densidad de respuestas de la pregunta 1 del cuestionario. Como puede apreciarse, la densidad de respuesta en los niveles altos de la escala fue superior para los estudiantes bilingües frente a los que cursaban el grado en español, observando la tendencia opuesta en los niveles bajos de la escala (1 y 2). De esta forma, se encontraron diferencias (valor $p < 0,05$) en las cuestiones 1, 3 y 6 (relacionadas con el conocimiento de la asignatura, el manejo de los

equipos y la extracción de conclusiones en el proceso). De este modo, se puede concluir que la autopercepción de algunos aspectos del proceso de enseñanza y aprendizaje en las prácticas de laboratorio dependía del idioma en el que se impartía la asignatura, obteniendo resultados de autopercepción más positivos en los grados bilingües.

Por último, las respuestas de campo abierto demostraron ser una herramienta útil para conocer la opinión de los alumnos sobre otros aspectos no considerados en las preguntas previas. Los comentarios de los estudiantes se pudieron clasificar en cuatro grupos: consideraciones previas al laboratorio, durante el laboratorio, de trabajo autónomo y otras recomendaciones. Con respecto a las consideraciones previas, los alumnos estuvieron de acuerdo en que, para mejorar el proceso de adquisición de conocimiento en el laboratorio, es de gran ayuda tener una buena base de la asignatura, llevar la teoría al día y leer los guiones de prácticas antes de su realización. Por otra parte, durante el laboratorio, consideran importante prestar atención a las explicaciones del profesor; tomar apuntes de todos los pasos y trabajar en equipo para conseguir el objetivo final. El trabajo autónomo por parte del estudiante es una parte fundamental en cualquier asignatura, y así lo manifestaron los propios interesados, resaltando el estudio diario de la asignatura y la realización de los informes en las horas posteriores a terminar el laboratorio, cuando aún tienen recientes las explicaciones del profesor. Otras preocupaciones mostradas por los estudiantes se centraron en la importancia que tiene para ellos que el profesor esté disponible para resolver sus dudas eventuales, y la conexión entre las prácticas realizadas y su futuro trabajo en la siguiente etapa laboral.

Por otro lado, los alumnos encontraron dificultades en la percepción del contexto de los experimentos realizados, no entendiendo el objetivo de los mismos en la mayoría de las situaciones. Por ello, resulta fundamental realizar una contextualización de las prácticas, un adecuado diseño y una correcta planificación de la actividad.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio permiten detectar y corregir deficiencias en guías docentes respecto a la alineación entre competencias y resultados del aprendizaje. Se ha puesto de manifiesto que la mayoría de los estudiantes consideran que las prácticas de laboratorio les ayudan a estar mejor preparados para llevar a cabo los experimentos y a manejar los instrumentos de manera autónoma. Adicionalmente, se percibieron las prácticas de laboratorio como una herramienta esencial para adquirir las destrezas, las habilidades y la aplicación de conceptos necesarios en su formación. Además, algunos de ellos fomentan la participación activa de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje. Sin embargo, a partir del análisis de estos resultados, queda patente que aún queda camino por recorrer, siendo esencial la contextualización de los conceptos químicos y el diseño de las prácticas de laboratorio para utilizar el aprendizaje en contextos y situaciones nuevas. Asimismo, como punto de partida, se propone divulgar las recomendaciones proporcionadas por los estudiantes a sus pares, ya que constituyen una vía de comunicación alternativa y complementaria a la de profesor-estudiante. Como conclusión de este trabajo de campo, se puede destacar que es importante involucrar a los estudiantes para mejorar el proceso de aprendizaje de los conceptos impartidos, especialmente cuando se trata de la enseñanza en carreras afines a la especialidad impartida por el profesor.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Hidalgo, N., Perines, H. (2018) Dar voz a los protagonistas: La participación estudiantil en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Educación* 42(2), 1-28.
- [2] Seery, M.K., Agustian, H.Y., Zhang, X. (2019) A framework for learning in the Chemistry laboratory. *Israel Journal of Chemistry* 59, 546-553. doi:10.1002/ijch.201800093

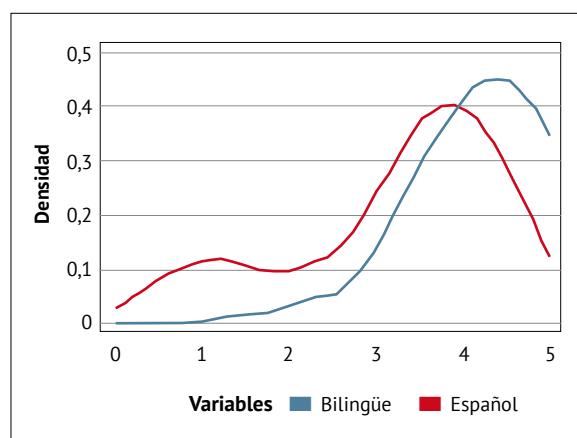


Figura 5. Densidades de respuesta de los estudiantes dependiendo del idioma en el que se imparte la asignatura, para la pregunta 1.

- [3] Gulacar et al. (2020) Integration of a sustainability-oriented socio-scientific issue into the general chemistry curriculum: Examining the effects on student motivation and self-efficacy. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 15, 100232.
- [4] Likert, R. (1932) A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology* 140, 1-55.
- [5] Gómez-Mejía E., Vicente-Zurdo, D., Lorenzo, B. (2023) Hacia una educación colaborativa y motivadora en química analítica: construyendo puentes entre la educación secundaria y el entorno universitario y profesional. *Ponencia presentada en la VIII Jornada sobre estrategias para la innovación de la actividad docente en Química Analítica (SEQA, Toledo, 19-20 junio 2023)*.
- [6] Kruger, J., Dunning, D. (1999) Unskilled and unaware of it: how difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of Personality and Social Psychology* 77(6), 1121.

ESTRATEGIAS Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO E INTERDISCIPLINAR DE LA TERMODINÁMICA EN PRIMARIA

Sara González Pérez¹, Antonio Eff-Darwich Peña¹, Iván Álvarez-Arteaga², María Betsabé Díaz-León² y Mariana Berazategui Tricanico²

¹ Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Educación. Universidad de La Laguna. La Laguna (España).

² Cienci@ULL, Fundación General Universidad de La Laguna.

Palabras clave: cambios de estado; calor; temperatura; metodología activa; aprendizaje basado en juegos.

Keywords: changes of state; heat; temperature; game-based learning.

Resumen

El estudio de los cambios de estado de la materia que ocurren de forma habitual a nuestro alrededor y en nuestra vida cotidiana es fundamental para entender el mundo que nos rodea. En este trabajo se presenta una propuesta didáctica diseñada para introducir los cambios de estado mediante juegos colaborativos, lúdicos y didácticos. Esta propuesta didáctica puede utilizarse para alumnado de las etapas de Educación Primaria y Secundaria. Se ha realizado una primera puesta en práctica de esta metodología durante el curso académico 2023-24, obteniendo un buen recibimiento por parte de los docentes y sus discentes tanto por resultar innovador y entretenido como formativo.

Abstract

The study of the phase changes of matter that occur regularly around us and in our daily life is essential to understand the world around us. This paper presents a didactic proposal designed to introduce phase changes through collaborative, playful and didactic games. This didactic proposal can be used for students in Primary and Secondary Education. A first implementation of this methodology has been carried out during the 2023-24 academic year, obtaining a good reception by teachers and their students both for being innovative and entertaining as well as formative.

INTRODUCCIÓN

La termodinámica es una ciencia que estudia el comportamiento de la materia ante cambios de temperatura y presión, así como las transformaciones de energía que se producen en esos procesos que ocurren de forma habitual a nuestro alrededor y en nuestra vida cotidiana [1]. Su comprensión, aunque sea a un nivel básico, es fundamental para entender el mundo que nos rodea, el desarrollo de la tecnología que disfrutamos en la sociedad actual y la ciencia en general. Sin embargo, su enseñanza suele presentar dificultades debido a la complejidad de estos conceptos, a la falta de conocimientos básicos por parte de los docentes de educación primaria y a la escasez de materiales didácticos que ayuden a su comprensión por parte de docentes y discentes, que contengan conexiones y aplicaciones con la realidad cotidiana [2]. Este aprendizaje presenta un reto aún mayor cuando queremos cimentar las bases de la física y la química a la vez que incentivamos el vocabulario y la competencia científica en estudiantes de edades tempranas.

Para alcanzar los objetivos propuestos se ha diseñado y puesto en práctica una propuesta interdisciplinar que incorpora varias metodologías didácticas. Entre éstas destaca la incorporación de juegos kinestésicos y juegos competitivos como herramienta didáctica. El aprendizaje basado en juegos ha probado ser una estrategia efectiva para fomentar el aprendizaje significativo y la participación activa de los estudiantes [3,4].

Los beneficios de utilizar el juego como herramienta didáctica incrementan la motivación del alumnado propiciando un aprendizaje experiencial en un entorno lúdico.

La enseñanza de los cambios de estado de la materia es un tema fundamental en el aprendizaje de las ciencias naturales durante la etapa de educación primaria. En el currículo de educación primaria de la LOMLOE [5], el tema de la composición química de la materia se aborda en el tercer ciclo de primaria, dentro del área de Ciencias de la Naturaleza, bajo el título “La materia y sus propiedades”. En este apartado, se profundiza en conceptos como átomos, elementos, moléculas, compuestos y mezclas, así como en los cambios físicos y químicos. Establecer las bases científicas de la química básica desde edades tempranas no solo fomenta el interés por las ciencias, sino que también mejora la comprensión del entorno. Además, aprender sobre la composición de la materia puede potenciar el desarrollo cognitivo de los niños, ya que implica la comprensión de conceptos abstractos y el razonamiento lógico.

En resumen, en este trabajo se presenta una propuesta didáctica interdisciplinar STEAM que se ha llevado a cabo en el marco del proyecto educativo ‘Ciencia a lo Grande’ del Cabildo de Tenerife y la Universidad de La Laguna. La propuesta se basa en reforzar una serie de conceptos teóricos básicos (átomos, cambios físicos y químicos, cambios de estado, temperatura y presión) a través de actividades y recursos educativos innovadores para la etapa de educación primaria utilizando como idea principal e hilo conductor: la termodinámica.

METODOLOGÍA

Esta propuesta didáctica se ha diseñado para el alumnado de 2º y 3er ciclo de Educación Primaria y consta de tres etapas. La primera etapa consiste en un análisis de ideas previas para establecer el conocimiento del que partimos respecto a la estructura de la materia y los cambios de estado y una introducción teórica sencilla del tema. Nuestra propuesta es comenzar con un cuestionario *Kahoot*, con el que determinar las ideas previas del alumnado y aprovechar la herramienta para ir explicando algunos conceptos básicos. A partir de ahí se adapta la introducción teórica del tema de los cambios de estado y su relación con los cambios de temperatura y la teoría cinético-molecular al nivel mostrado por los estudiantes en el juego inicial.

Durante la explicación teórica es importante incorporar diferentes ejemplos para evidenciar la teoría cinético-molecular. Concretamente, explicar de forma sencilla cómo la temperatura influye en el comportamiento de los átomos y moléculas, estableciendo la conexión entre los incrementos de temperatura y el aumento en la vibración y movimiento de estas partículas. A continuación, explicamos el concepto de cambio de estado utilizando como ejemplo las moléculas de agua, algo familiar para los estudiantes y que se observa en nuestra vida cotidiana. Es importante mencionar los cambios de estado del agua a presión atmosférica, como su transición de líquido a gas al elevarse la temperatura por encima de los 100°C, o de líquido a sólido cuando la temperatura desciende por debajo de 0°C. Estos conceptos físicos ya están en el almacén de ideas previas de los estudiantes, y es crucial conectar los nuevos conceptos con estas ideas durante la explicación.

La segunda etapa consiste en un juego donde les enseñamos de forma práctica y lúdica la teoría cinético-molecular; que les ayuda a interiorizar esta teoría mediante la experimentación activa y colaborativamente. Comenzamos este juego levantando a los estudiantes de sus pupitres y formando “moléculas de agua” humanas. En este juego cada estudiante se transforma en un átomo de hidrógeno o de oxígeno y, en grupos de tres, se les pide formar moléculas de agua. Una vez que todos los estudiantes forman parte de una molécula de agua se empieza a jugar indicando a los jugadores que vamos a variar la temperatura y que como moléculas de agua deben actuar en consecuencia en función de la temperatura y el estado en el que se encuentren: a mayor temperatura, las moléculas deben vibrar y moverse con más energía que a menor temperatura. Por ejemplo, si partimos de una temperatura inicial de 100°C, las moléculas de agua se encontrarán en estado gaseoso y por tanto se podrán mover libremente por todo el aula, vibrando de forma notable y ocupando todo el volumen del aula. A partir de aquí, el docente puede ir anunciando la bajada de la temperatura y los cambios en el movimiento, la vibración y la estructura molecular que tienen lugar. El juego nos permite ir repasando con los estudiantes los diferentes estados de la materia, relacionando los cambios de estado con la temperatura y, de forma simultánea, reforzando las bases de la teoría cinético-molecular de la materia de forma lúdica y didáctica.

La tercera etapa consiste en agrupar a los estudiantes en parejas para jugar a un juego de cartas de elaboración propia llamado “El desfase”. Este juego de cartas se ha creado para que, mientras juegan, puedan afianzar los conceptos fundamentales de los cambios de estado, así como el vocabulario científico asociado a estos cambios, de una forma innovadora, dinámica y didáctica [6].

RESULTADOS

Esta metodología se ha puesto en práctica durante el curso académico 2023-24, siendo su acogida muy positiva tanto por docentes como por discentes. La primera etapa ha sido muy bien recibida por los estudiantes, a los que les gustan las herramientas interactivas, competitivas y dinámicas como *Kahoot*. Además, esta herramienta la hemos utilizado de forma coordinada con la introducción teórica, de forma que repasar o introducir conocimientos como la composición química de la materia, la transferencia de calor y los cambios de fase se puede hacer de forma divertida para el alumnado. Es importante utilizar materiales y ejemplos del día a día, que los alumnos hayan podido experimentar en primera persona, como por ejemplo, para el caso de los cambios de estado, el agua hirviendo como ejemplo de vaporización/gasificación o un polo de hielo en el caso de la solidificación.

Hemos comprobado como el uso de metodologías activas en todas las fases del proceso de enseñanza y aprendizaje muestran resultados muy positivos, y si se utilizan correctamente pueden llegar a ser tanto motivadoras como formativas. En el caso del juego colaborativo de las moléculas de agua que cambian de estado al variar la temperatura se observa que al jugar formando equipos (moléculas) se fomenta la colaboración, el trabajo en equipo y la comunicación entre los estudiantes. Además en este caso, al formar la estructura del agua o del hielo, los equipos más pequeños deben coordinarse unos con otros para poder formar las estructuras correspondientes, observándose un efecto positivo como es la diversión, pero también el aprendizaje entre iguales cuando unos grupos (o moléculas) se coordinan o se ayudan a la hora de formar y moverse de forma coordinada y correcta. Con estas metodologías se consigue reforzar los conceptos que se han trabajado en clase de una forma más teórica, de forma que se internalicen adecuadamente los conceptos más abstractos.

Por último, el juego de cartas de los cambios de estado “El desfase” ha mostrado ser una herramienta potente para mejorar el vocabulario y la asociación de los cambios de estado con la temperatura en los estudiantes. Al ser una actividad lúdica, pero formativa y competitiva, el alumnado mostró un notable entusiasmo por jugar y repetir las partidas, así como una mejora positiva en la adquisición del conocimiento básico de los conceptos científicos involucrados.

CONCLUSIONES

Hemos comprobado cómo el profesorado de Educación Primaria acoge muy positivamente la incorporación de nuevos recursos y estrategias didácticas en su programación didáctica. El profesorado admite sentirse poco preparado para afrontar adaptaciones curriculares en algunas áreas, como la de ciencias experimentales, donde los saberes y las habilidades a desarrollar le resultan abstractas y poco intuitivas debido a la falta de conocimientos y aprendizajes especializados a lo largo de su formación. Uno de los objetivos de este proyecto es contribuir a la formación del profesorado en activo y proveerlos de herramientas y estrategias didácticas que los ayuden a mejorar su actividad docente y el rendimiento académico de su alumnado. Es primordial que el profesorado se sienta cómodo con los recursos educativos diseñados para que posteriormente los utilicen con su alumnado en el aula.

El uso de la herramienta interactiva *Kahoot*, tanto de forma analógica (sin utilizar dispositivos electrónicos como tabletas y ordenadores) como digital, tiene un impacto positivo en el interés y la participación del alumnado. La combinación de juegos activos y participativos con las demostraciones científicas también parece resultar positiva en el aprendizaje de las ciencias, ya que dinamiza el proceso de enseñanza combinando actividades más pasivas con otras más dinámicas y colaborativas.

Por último, el uso de juegos como “El desfase” en el aula resulta innovador y eficaz para facilitar el aprendizaje de conceptos científicos de manera lúdica y didáctica, promoviendo la participación activa de los estudiantes y enriqueciendo su experiencia educativa. “El desfase” es un ejemplo de cómo la gamificación

puede ser utilizada en el ámbito educativo para reforzar conceptos científicos de manera entretenida. Al jugar en parejas, los estudiantes no solo se divierten, sino que también colaboran, comunican y refuerzan su comprensión de los cambios de estado mediante una metodología de aprendizaje entre iguales, ampliando y reforzando el vocabulario científico asociado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del proyecto agradecen el apoyo y financiación por parte del Servicio de Educación y Juventud del Cabildo Insular de Tenerife y el apoyo desde la Universidad de La Laguna y el Museo de la Ciencia y el Cosmos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] HEJNOVÁ, E. (2022) Comparing pre-service primary school teachers' and lower-secondary learners' understanding the particulate nature of matter. *Journal of Baltic Science Education* 21, 558-574. doi:10.33225/jbse/22.21.558
- [2] GARCÍA-RUIZ, M., OROZCO SÁNCHEZ, L. (2008) Orientando un cambio de actitud hacia las ciencias naturales y su enseñanza en profesores de educación primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 7, 539-568.
- [3] AKIMKHANOVA, Z., TUREKHANOVA, K., KARWASZ, G.P. (2023) Interactive games and plays in teaching physics and astronomy. *Education Sciences* 13, 393. doi:10.3390/educsci13040393
- [4] VILLA, G., CANALETA, X. (2016) La ludificación como estrategia de mejora de la motivación, rendimiento académico y satisfacción de los estudiantes. En *Actas de las XXII JENUI*, pp. 279-284. Universidad de Almería.
- [5] Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006 de Educación (LOMLOE) BOE núm. 340, de 30 de diciembre de 2020, pp. 122868-122953.
- [6] CienciaULL (2024) "El Desfase", juego de cartas didáctico [Vídeo] <https://www.youtube.com/watch?v=c694CmK4sLE>

EVALUACIÓN DE LA CONCIENCIA AMBIENTAL EN FUTUROS PROFESORES DE EDUCACIÓN SECUNDARIA Y SUS IMPLICACIONES

Sandra Laso Salvador y Mercedes Ruiz Pastrana

Facultad de Educación y Trabajo Social, Universidad de Valladolid. sandra.laso@uva.es / mercedes.ruiz@uva.es

Palabras clave: educación ambiental; conciencia ambiental; formación; actitudes; sostenibilidad.

Keywords: environmental education; environmental awareness; training; attitudes; sustainability.

Resumen

Este estudio evalúa la conciencia ambiental de futuros profesores de Educación Secundaria en las especialidades de Biología y Geología, o Física y Química. A través de un cuestionario validado se analizaron sus conocimientos y actitudes hacia la sostenibilidad. Los resultados revelan una alta preocupación ambiental, aunque con diferencias en el compromiso entre especialidades. Se identifican brechas en el conocimiento ambiental y en la implementación de prácticas didácticas, lo que resalta la necesidad de reforzar la formación ambiental en los programas de formación docente para promover sociedades más sostenibles.

Abstract

This study evaluates the environmental awareness of future Secondary Education teachers specializing in Biology and Geology, or Physics and Chemistry. Using a validated questionnaire their knowledge and attitudes towards sustainability were analyzed. The results reveal a high level of environmental concern, although there are differences in commitment between specialties. Gaps in environmental knowledge and the implementation of didactic practices were identified, highlighting the need to strengthen environmental training in teacher education programs to promote more sustainable societies.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo enfrenta una crisis ambiental sin precedentes, con fenómenos como el cambio climático, la degradación de los ecosistemas y la pérdida acelerada de biodiversidad, que amenazan la estabilidad del planeta. Esta situación ha generado una creciente preocupación global por el futuro de la vida en la Tierra y el bienestar de las generaciones venideras. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP, por sus siglas en inglés) ha alertado repetidamente sobre la urgencia de actuar frente a estos desafíos. En su *Peoples' Climate Vote* de 2021, el UNDP subrayó que la crisis climática es percibida por la ciudadanía global como una de las amenazas más grandes para la humanidad, haciendo un llamado a integrar medidas climáticas más ambiciosas en todos los sectores, incluida la educación [1].

La educación, en este contexto, es reconocida como una herramienta fundamental para construir una conciencia ambiental crítica y promover cambios sociales hacia la sostenibilidad. La Agenda 2030 de la ONU, a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), destaca la importancia de vincular la educación con la sostenibilidad. Específicamente, el ODS 4 (educación de calidad) aboga por asegurar que todas las personas adquieran los conocimientos necesarios para promover el desarrollo sostenible, haciendo hincapié en la educación ambiental y la lucha contra el cambio climático. Este objetivo se entrelaza con otros ODS relacionados directamente con el medioambiente, como el ODS 13 (acción por el clima), el ODS 14 (vida submarina) y el ODS 15 (vida de ecosistemas terrestres), los cuales buscan mitigar los

efectos adversos del deterioro ambiental a través de acciones integradas que involucren a gobiernos, organizaciones y ciudadanos.

En este marco, los futuros docentes de Educación Secundaria son agentes clave para impulsar una transformación hacia sociedades más sostenibles. A través de su labor pueden formar a las generaciones futuras con conocimientos y actitudes que promuevan un mayor respeto por el medioambiente y la adopción de prácticas sostenibles [2]. Sin embargo, para que puedan cumplir eficazmente este papel es esencial que cuenten con una formación adecuada que les proporcione no solo el conocimiento científico sobre las problemáticas ambientales, sino también las herramientas pedagógicas para integrar la educación ambiental en el aula de manera eficaz.

La formación docente, sin embargo, ha mostrado importantes deficiencias en este ámbito. Álvarez-García et al. [3] identifican dos áreas claramente definidas relacionadas con el profesorado que han sido objeto de investigación: a) la insuficiencia de competencias ambientales en los docentes en formación y b) las deficiencias en el currículo de formación docente en lo referente a la educación ambiental. Estas lagunas formativas, a su vez, limitan la capacidad de los futuros docentes para enfrentarse a los desafíos educativos vinculados con la crisis climática y la sostenibilidad. A pesar de la relevancia creciente de la educación ambiental, esta no ha sido integrada de manera sistemática en los programas de formación docente, lo que crea un vacío crítico en el desarrollo de competencias ambientales.

Este trabajo se centra en la evaluación de la conciencia ambiental de los estudiantes del Máster Universitario para Profesor de Enseñanza Secundaria en las especialidades de Física y Química y de Biología y Geología. Los docentes de estas especialidades desempeñan un papel crucial en la educación ambiental [4], ya que tienen el potencial de abordar temas como el cambio climático, la contaminación y la pérdida de biodiversidad desde una perspectiva científica, promoviendo no solo la adquisición de conocimientos, sino también la reflexión crítica y la acción responsable frente a los desafíos globales.

A través de un cuestionario validado [5], este estudio busca analizar los conocimientos, percepciones y actitudes hacia la sostenibilidad de los futuros docentes, identificando las principales carencias en su formación [6] y proponiendo acciones concretas para mejorarla. Los resultados de esta investigación ofrecen una base para implementar mejoras en los programas de formación docente, alineándolos con los ODS y las demandas educativas actuales. Además, se resalta la importancia de incluir estrategias didácticas innovadoras que permitan a los docentes integrar la educación ambiental de manera transversal en su práctica educativa.

En un contexto global de creciente preocupación por los problemas ambientales, es imperativo que los futuros docentes asuman un rol protagónico en la promoción de una educación que fomente la conciencia ambiental y el desarrollo sostenible. La formación de estos profesionales debe centrarse no solo en la transmisión de conocimientos, sino en la preparación para actuar como líderes en la construcción de una sociedad más justa y sostenible, tal como lo plantean los ODS. Este estudio pretende contribuir a ese objetivo, proporcionando evidencia empírica sobre el nivel de conciencia ambiental de los futuros docentes y señalando áreas clave para el desarrollo de competencias en educación ambiental.

METODOLOGÍA

Participantes

El presente estudio ha contado con la participación de futuros docentes de ciencias, todos ellos estudiantes del Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad de Valladolid. Los participantes se distribuyeron en dos especialidades: Biología y Geología (57 participantes) y Física y Química (51 participantes). El estudio se extendió durante tres cursos académicos (desde 2020/21 hasta 2023/24) y ha incluido un total de 108 participantes.

La muestra de estudiantes de Biología y Geología tenía edades comprendidas entre los 22 y los 37 años, con un 63.2% de mujeres y un 36.8% de varones. Los participantes provenían de diversas titulaciones, siendo el 45% graduados en Biología y el resto distribuido entre Biotecnología, Farmacia, Ciencias Ambientales, Nutrición Humana y Dietética, Veterinaria y Enfermería.

En la especialidad de Física y Química, los participantes tenían edades entre los 22 y los 45 años, con una distribución de género del 56.3% mujeres y 43.8% varones. El 24% de los estudiantes procedía del Grado en Física, el 56.6% del Grado o Licenciatura en Química, un 9.7% de Ingeniería Química, y el resto provenía de titulaciones como Óptica y Optometría.

La muestra fue heterogénea en términos de edad, género y formación académica previa, lo que permitió realizar un análisis representativo y comparativo entre los diferentes perfiles de futuros docentes de ciencias. Esta diversidad en el perfil académico de los participantes contribuye a enriquecer los resultados y garantizar su validez en diferentes contextos educativos.

Instrumento de evaluación

Para evaluar la conciencia ambiental se ha utilizado la “escala de conciencia ambiental de los futuros docentes” diseñada y validada por Laso, Marbán y Ruiz [5]. Esta escala consta de 30 ítems tipo Likert de cuatro puntos con opciones “totalmente de acuerdo (4), de acuerdo (3), en desacuerdo (2) y totalmente en desacuerdo (1)”. La fiabilidad del instrumento fue establecida mediante coeficiente alfa estratificado (α estratificado = 0.87) y el coeficiente Omega (Ω = 0.87), lo que indica una alta consistencia interna.

La construcción de la escala siguió procesos rigurosos de validación y fiabilidad. La validación del contenido se realizó a través del juicio de expertos. La validez de apariencia es conforme a los términos expuestos por Nevo [7] y para evaluar la validez factorial se realizó un análisis factorial exploratorio (AFE) empleando el programa SPSS (versión 21). La fiabilidad de la escala se determinó mediante un análisis de consistencia interna, basándose en el cálculo de la fiabilidad compuesta. Posteriormente, la validez de constructo se verificó a través de un análisis factorial confirmatorio (AFC), empleando el programa LISREL (versión 8) [5]. La validación de la escala mediante este AFC mostró buenos niveles de ajuste en el modelo jerárquico con cuatro factores de segundo orden y uno de primer orden (error cuadrático medio de aproximación, RMSEA = 0.031; residuo estándar cuadrático medio, SRMR= 0.071; índice de ajuste comparativo, CFI = 0.991 e índice de Tucker-Lewis, TLI = 0.990). Los resultados, cuyo detalle queda recogido en el trabajo de Laso, Marbán y Ruiz [5], indican que se dispone de una escala válida y confiable.

Análisis de datos

Los datos recopilados fueron procesados y analizados utilizando los programas SPSS (versión 29) [8] y Excel (versión 16.89.1). Se emplearon técnicas estadísticas descriptivas para obtener distribuciones de frecuencia y medidas de tendencia central (media y desviación estándar), así como análisis comparativos entre los dos grupos de estudio (Biología y Geología frente a Física y Química).

Los resultados del análisis se representaron gráficamente en figuras que reflejan las frecuencias y distribuciones de respuesta a los elementos del cuestionario. Estas visualizaciones permitieron identificar patrones claros en la conciencia ambiental y el compromiso de los futuros docentes de ambas especialidades, destacando tanto las similitudes como las diferencias clave entre los grupos.

RESULTADOS

La escala consta de algunos elementos formulados para ser respondidos según el nivel de acuerdo con el enunciado, utilizando una métrica de tipo Likert de cuatro puntos (valores del 1 al 4). El resto de elementos ofrecen cuatro opciones de respuesta, de las cuales se debe elegir la que corresponda [5].

El método de categorización empleado fue similar al utilizado en estudios previos [9,10]. Con estos niveles o etiquetas de referencia y basándonos en los resultados obtenidos, podemos afirmar que los participantes del estudio presentan, en general, un nivel de conciencia ambiental aceptable, que puede clasificarse como medio-alto para el caso de los estudiantes de la especialidad de Biología y Geología, y medio para los estudiantes de la especialidad de Física y Química.

A continuación se muestra la frecuencia de respuestas calculada para los treinta elementos que conforman la escala, cuyos resultados se presentan en las **figuras 1 y 2** para los alumnos de las especialidades de Biología y Geología y de Física y Química, respectivamente.

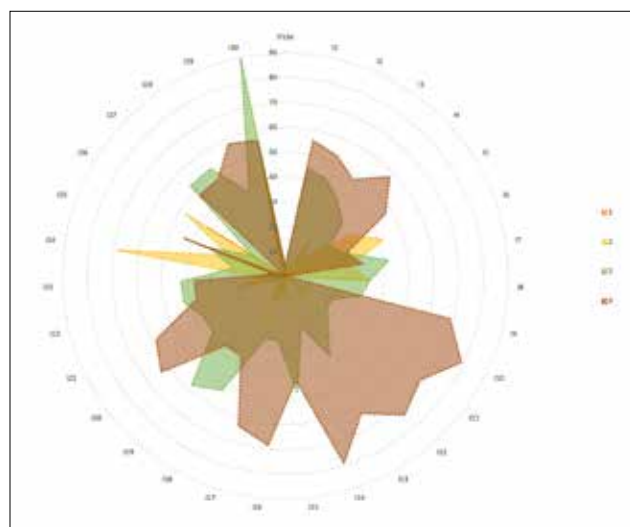


Figura 1. Porcentaje de respuesta para cada elemento de la escala de conciencia ambiental (Biología y Geología).

Los resultados presentados en la **figura 1** revelan lo siguiente:

- El 100% de los estudiantes considera la situación medioambiental como “preocupante” (I1). Además, cerca del 79% cree que es esencial proteger el medioambiente (I23), agrupando las respuestas de las opciones de respuesta 3 y 4 de la escala.
- La intención de acción a nivel individual muestra una alta implicación (I2 e I3), que disminuye cuando se trata de acciones colectivas (I4 e I5) y aún más cuando requiere sacrificios personales para participar en estas acciones (I6 e I7).
- La valoración de la gravedad de diversos problemas ambientales, reflejada en los elementos I9 a I16, varía entre “muy preocupante” y “bastante preocupante”. Sin embargo, no se observa una tendencia a considerar más graves los problemas locales. Los problemas que más inquietan a los futuros profesores de Biología y Geología son, en orden de importancia, la contaminación de los océanos, los vertidos de residuos industriales, el cambio climático, la disminución de la capa de ozono, la contaminación de la atmósfera y de los océanos y los vertidos a las masas de agua continentales.
- En cuanto a las creencias ambientales (elementos I17 a I22), los futuros profesores muestran mayoritariamente una perspectiva ecocéntrica (I17, I19 e I20). No obstante, la visión de conciencia límite, evaluada a través de los elementos I18, I21 e I22, recibe menores puntuaciones.
- Los elementos que evalúan la dimensión cognitiva indican:
 - Una percepción media del nivel de conocimientos ambientales (I24), con opciones de respuesta que incluyen niveles bajo, medio, alto y muy alto.
 - Aproximadamente la mitad de los participantes identifica el material didáctico adecuado para abordar la temática ambiental (I25).
 - El 55,6% de los participantes piensa en utilizar diferentes estrategias para tratar el tema ambiental (I30).
 - Ningún estudiante está familiarizado con un conjunto de modelos didácticos aplicables en el aula (I8).
- El sentido de responsabilidad como futuros docentes de Secundaria es claro (I26 e I27). Asimismo, más del 90% de los estudiantes está dispuesto a recibir formación en temas ambientales, agrupando las respuestas de las opciones de respuesta 3 y 4 de la escala (I28 e I29).

En la **figura 2** se observan los siguientes resultados:

- Un 87,5% de los futuros docentes de Física y Química percibe la situación medioambiental como “preocupante” (I1), mientras que el 12,5% la considera “poco preocupante”. Y solo el 62% opina que es primordial proteger el medioambiente (I23), agrupando las respuestas de las opciones de respuesta 3 y 4 de la escala.

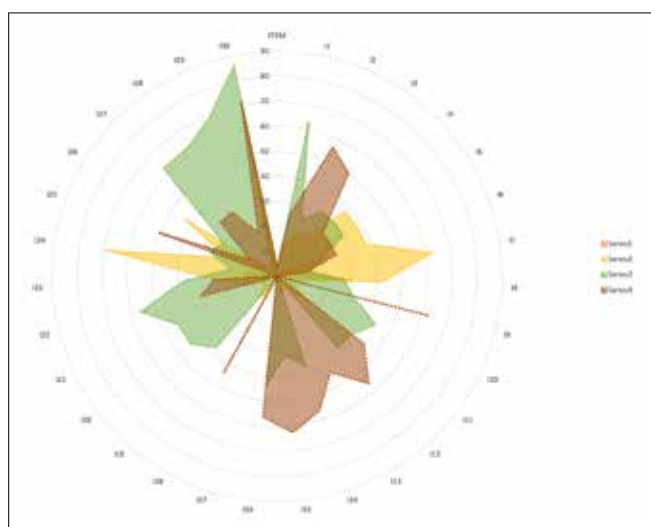


Figura 2. Porcentaje de respuesta para cada elemento de la escala de conciencia ambiental (Física y Química).

- La disposición a actuar a nivel individual muestra menor implicación (I2 e I3) en comparación con los futuros docentes de Biología y Geología. La participación en acciones colectivas (I4 e I5) también disminuye (I6 e I7), siendo esta disminución la más notable entre las dos muestras de estudiantes.
- La evaluación de la gravedad de diversos problemas ambientales, representada en los ítems I9 a I16, oscila entre “muy preocupante” y “poco preocupante”. Además, no se identifica una tendencia a considerar los problemas locales como más graves. Los futuros docentes de Física y Química están más preocupados por la contaminación del aire y los océanos, la desertificación y erosión del suelo, el cambio climático, los vertidos de residuos industriales y los vertidos en aguas continentales. Aunque en menor medida, estos estudiantes consideran menos preocupantes problemas como la disminución de la capa de ozono, la extinción de especies y el cambio climático, entre otros.

- Estos futuros profesores muestran, en cuanto a las creencias ambientales (elementos I17 a I22), fundamentalmente una perspectiva ecocéntrica (I17, I19 e I20). Además, la creencia de conciencia límite (ítems I18, I21 e I22), recibe puntuaciones más bajas que entre los alumnos de la otra especialidad.
- Los elementos que evalúan la dimensión cognitiva revelan varios resultados de interés. Primero, hay una percepción media del nivel de conocimientos ambientales (I24), con opciones de respuesta que van desde bajo, medio, alto hasta muy alto, aunque un 12.5% de los encuestados considera que sus conocimientos son bajos. Además, aproximadamente la mitad de los participantes identifica el material didáctico adecuado para abordar la temática ambiental (I25) y el 71.4% de los encuestados piensa en emplear diferentes estrategias para tratar el tema ambiental (I30). Sin embargo, ningún estudiante está familiarizado con un conjunto de modelos didácticos aplicables en el aula (I8) para abordar las cuestiones ambientales.
- El sentido de responsabilidad como futuros docentes de Secundaria no es claro (I26 e I27). No obstante, más del 90% de los estudiantes está dispuesto a recibir formación en temas ambientales, agrupando las respuestas de las opciones de respuesta 3 y 4 de la escala (I28 e I29).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio realizado sobre el nivel de conciencia ambiental de futuros profesores de ciencias en las etapas de Educación Secundaria revela varios aspectos fundamentales que requieren atención tanto en la formación inicial de los docentes como en las políticas educativas, especialmente en el contexto de la creciente preocupación climática global [11,12] y la urgente necesidad de integrar la sostenibilidad en el ámbito académico [4,13-15].

Los resultados revelan que, aunque la mayoría de los participantes considera los problemas ambientales como preocupantes, los futuros docentes de Biología y Geología muestran una mayor preocupación por cuestiones ambientales de carácter global, como la contaminación de los océanos y el cambio climático, mientras que los de Física y Química priorizan problemas de carácter atmosférico y terrestre, como la contaminación del aire y la desertificación. Esta diferencia en la percepción puede estar influenciada por el enfoque curricular de cada especialidad, lo que sugiere que los docentes de Biología y Geología están más expuestos a los impactos directos de los ecosistemas naturales, mientras que los de Física y Química centran su atención en aspectos más técnicos o atmosféricos.

Este hallazgo coincide con estudios previos que señalan que las actitudes hacia los problemas ambientales pueden estar fuertemente influenciadas por el campo de estudio del individuo [3]. Además, esta diferencia en la percepción subraya la necesidad de desarrollar enfoques educativos integradores que permitan a los futuros docentes abordar los problemas ambientales desde una perspectiva interdisciplinaria, tal como lo promueve el ODS 4 (educación de calidad) y el ODS 13 (acción por el clima).

La disposición para actuar de manera individual y colectiva fue significativamente mayor entre los futuros docentes de Biología y Geología, quienes mostraron un mayor compromiso personal con la sostenibilidad. Sin embargo, al igual que en estudios anteriores [2], este compromiso disminuye cuando se trata de participar en acciones colectivas que impliquen sacrificios personales. Esta tendencia indica una barrera común en la movilización hacia la acción ambiental, que podría estar relacionada con la falta de un enfoque pedagógico que fomente el trabajo colaborativo y las acciones colectivas para la sostenibilidad.

En este sentido, sería pertinente incluir en los programas de formación de docentes estrategias didácticas que promuevan la acción colectiva y el compromiso social en cuestiones ambientales. Metodologías como el aprendizaje-servicio [16] o la clase invertida [17] han demostrado ser eficaces para fomentar una mayor implicación de los estudiantes en proyectos colaborativos que aborden desafíos ambientales locales y globales.

Una de las conclusiones más significativas del estudio es la falta de preparación percibida por los futuros docentes, especialmente entre los estudiantes de Física y Química, quienes manifestaron una menor confianza en sus conocimientos ambientales en comparación con los de Biología y Geología. Este resultado pone de manifiesto una carencia crítica en la formación de los futuros profesores de ciencias en cuanto a educación ambiental, lo que se traduce en una brecha en la implementación de prácticas sostenibles en el aula.

A pesar de que los estudiantes de ambas especialidades muestran disposición para aprender y aplicar estrategias didácticas relacionadas con la sostenibilidad, ninguno está familiarizado con modelos pedagógicos específicos para la enseñanza de temas ambientales. Este hallazgo coincide con estudios previos [9], que sugieren que la falta de formación didáctica en modelos de enseñanza para la sostenibilidad es un obstáculo significativo para la efectiva integración de la educación ambiental en las aulas. Para superar esta brecha se recomienda fortalecer los programas de formación docente con contenido específico sobre modelos didácticos para la enseñanza de la sostenibilidad, tales como el diseño de escenarios futuros [18] o el enfoque basado en problemas socioambientales [14]. Estos enfoques pueden ayudar a los futuros docentes a desarrollar competencias pedagógicas que les permitan abordar problemas ambientales de manera más eficaz en sus clases.

Otra diferencia significativa se observó en el sentido de responsabilidad de los futuros docentes hacia su papel como educadores ambientales. Los estudiantes de Biología y Geología mostraron un mayor sentido de responsabilidad en este aspecto, mientras que los de Física y Química reflejaron una menor claridad en cuanto a su papel en la promoción de la sostenibilidad. Esto resalta la necesidad de reforzar el sentido de responsabilidad en los futuros docentes de todas las especialidades, para que comprendan su rol fundamental en la construcción de una sociedad más sostenible.

Para ello, es esencial que los programas de formación docente no solo se centren en los contenidos teóricos, sino que también promuevan una conciencia ética y profesional en torno a la educación ambiental. La integración de contenidos relacionados con el ODS 4 y el ODS 13 en el currículo de formación docente es una estrategia clave para asegurar que todos los futuros profesores, independientemente de su especialidad, se vean a sí mismos como agentes de cambio en el ámbito de la sostenibilidad.

En conclusión, los resultados de este estudio evidencian la necesidad de mejorar la formación en educación ambiental de los futuros docentes de ciencias, especialmente en lo que respecta a la integración de modelos didácticos y estrategias pedagógicas que promuevan la sostenibilidad. Aunque los futuros docentes muestran una alta preocupación por los problemas ambientales, existen diferencias significativas entre especialidades en cuanto a la disposición para actuar y el nivel de conocimientos percibidos. Estas diferencias subrayan la importancia de adaptar los programas de formación docente para abordar estas brechas y asegurar que todos los futuros educadores estén preparados para enseñar temas de sostenibilidad de manera efectiva.

Es imperativo que las instituciones educativas se alineen con los ODS para garantizar una formación integral que promueva no solo el conocimiento teórico, sino también la acción práctica y el compromiso ético con la protección del medio ambiente. Solo a través de una educación transformadora, que capacite a los docentes para liderar el cambio hacia una sociedad más sostenible [20], se podrán enfrentar los desafíos ambientales del siglo XXI de manera eficaz.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME, UNIVERSITY OF OXFORD (2021) *Peoples' climate vote. Results*. United Nations Development Programme and University of Oxford. <https://www.undp.org/library/peoples-climate-vote>
- [2] ACEVEDO J.A., VÁZQUEZ A., ACEVEDO P., MASASSERO, M.A. (2017) Sobre las actitudes y creencias CTS del profesorado de primaria, secundaria y universidad. *Tarbiya, revista de Investigación e Innovación Educativa* 30.
- [3] ÁLVAREZ-GARCÍA, O., SUREDA-NEGRE, J., COMAS-FORGAS, R. (2015) Environmental education in pre-service teacher training: A literature review of existing evidence. *Journal of Teacher Education for Sustainability* 17, 72-85. <https://sciendo.com/article/10.1515/jtes-2015-0006>
- [4] ALCÁNTARA-RUBIO, L., LIMON-DOMÍNGUEZ, D., GARCÍA-PÉREZ, F.F., VALDERRAMA-HERNÁNDEZ, R. (2022) Orientaciones pedagógicas para integrar la dimensión ambiental para la sostenibilidad en el curriculum. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad* 4, 1301. doi:10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2022.v4.i1.1301

- [5] LASO, S., MARBÁN, J.M., RUIZ, M. (2019) Diseño y validación de una escala para la medición de conciencia ambiental en los futuros maestros de Primaria. *Profesorado, Revista de Currículo y Formación del Profesorado* 23 (3), 297-316.
- [6] LASO SALVADOR, S. (2018) *La conciencia ambiental de los futuros maestros de educación primaria: diseño de una propuesta didáctica mediante la aplicación de herramientas metacognitivas* (Tesis doctoral). Universidad de Valladolid.
- [7] NEVO, B. Face validity revisited. *Journal of Educational Measurement* 22, 287-293.
- [8] IBM Corp. (2012) IBM SPSS Statistics for Windows, version 29.0. IBM Corp.
- [9] GOMERA A., DE LA TORRE F.V., ABELLÁN M.V. (2012) Medición y categorización de la conciencia ambiental del alumnado universitario. *Profesorado: Revista de Currículum y Formación de Profesorado* 16(2), 193-212. <http://www.redalyc.org/pdf/567/56724395011.pdf>
- [10] JIMÉNEZ M., LAFUENTE R. (2010) Defining and measuring environmental consciousness. *Revista Internacional de Sociología (RIS)* 68(3), 731-755. <http://www.acuedi.org/ddata/10532.pdf>
- [11] CARIDE, J.A., MEIRA, P.Á. (2020) La educación ambiental en los límites, o la necesidad cívica y pedagógica de respuestas a una civilización que colapsa. *Pedagogía Social: Revista Interuniversitaria* 36, 21-34.
- [12] GUTIÉRREZ, J.M. (2019) Antropoceno: tiempo para la ética ecosocial y la educación ecociudadana. *Revista Educación Social* 28, 1-15. 1301-19
- [13] ÁLVAREZ, O.C. (2004) Educación ambiental a partir de tres enfoques: comunitario, sistémico e interdisciplinario. *Revista Iberoamericana de Educación* 35, 1-7. 2301-18
- [14] GELI, A.M., COLLAZO, L.M., MULÀ, Í. (2019) Contexto y evolución de la sostenibilidad en el currículum de la universidad española. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad* 1, 1102.
- [15] UNESCO (2016) *La educación al servicio de los pueblos y el planeta: creación de futuros sostenibles para todos*. Resumen del Informe de Seguimiento de la Educación en el mundo 2016.
- [16] TEJEDOR, G., SEGALÀS, J., BARRÓN, Á., FERNÁNDEZ-MORILLA, M., FUERTES, M., RUIZ-MORALES, J., GUTIÉRREZ, I., GARCÍA-GONZÁLEZ, E., ARAMBURUZABALA, P., HERNÁNDEZ, À. (2019) Didactic strategies to promote competencies in sustainability. *Sustainability* 11, 2086.
- [17] ONECHA, B., BERBEGAL-MIRABENT, J. (2020) La versatilidad del método de la clase invertida: estudio de un caso de aplicación durante la crisis de la covid-19. *REDU, Revista de Docencia Universitaria* 18(2), 49-66.
- [18] GRAUER, C., FISCHER, D., FRANK, P. (2022) Time and sustainability: A missing link in formal education curricula. *The Journal of Environmental Education* 53, 22-41.
- [19] LIMÓN, D. (1999) La pedagogía ambiental: bases de una metodología para una docencia universitaria. *Cuestiones pedagógicas: Revista de ciencias de la educación* 14, 237-255.
- [20] BARTH, M., GODEMANN, J., RIECKMANN, M., STOLTENBERG, U. (2007) Developing key competencies for sustainable development in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 8, 416-430.

PRIMER PROTOTIPO DEL PROYECTO ENGI-EDU: INTRODUCIENDO LAS PRÁCTICAS EPISTÉMICAS DE INGENIERÍA EN LAS AULAS DE EDUCACIÓN INFANTIL Y PRIMARIA

Maite Novo Molinero¹, Irantzu Uriz Doray², Zoel Salvadó Belart³

¹ Facultat de ciències de l'educació i psicologia. Grupo Impacte Social i Educació. Departament de Bioquímica i Biotecnologia, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona. mteresa.novo@urv.cat

² Departamento de Ciencias, Área de Didáctica de las ciencias experimentales, Grupo Kimua. Universidad Pública de Navarra. iranzu.uriz@unavarra.es

³ Facultad de Educación-IUCA, Universidad de Zaragoza. zoel.salvado@unizar.es

Palabras clave: educación primaria; educación infantil; ingeniería escolar; STEM.

Keywords: elementary education; early childhood education; engineering in schools; STEM.

Resumen

En esta última década, dentro del marco que promueve el paraguas educativo STEM, la ingeniería está adquiriendo cada vez más protagonismo. Esto ocurre por la oportunidad que ofrece la ingeniería al alumnado para el desarrollo de importantes prácticas epistémicas, incluyendo su proceso de diseño. Con el objetivo de poder ofrecer recursos educativos de ingeniería escolar de calidad nace el proyecto EngiEDU. Se presentan los resultados de la implementación de cuatro retos de ingeniería escolar para las aulas de educación infantil y primaria sobre los que se han analizado las prácticas epistémicas de ingeniería que el alumnado desarrolla sin intervención del profesorado más allá de la guía en el ciclo de diseño.

Abstract

In this last decade, within the framework promoted by the STEM educational umbrella, engineering is becoming more and more prominent. And this happens because of the opportunity that engineering offers to students for the development of important engineering epistemic practices, including its design process. The EngiEDU project was born with the aim of offering quality school engineering educational resources. In this article we present four engineering challenges for early childhood and elementary school classrooms. We have analyzed the engineering epistemic practices that students develop without teacher intervention beyond the guidance in the design cycle.

INTRODUCCIÓN

El acrónimo STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, de sus siglas en inglés) está cada vez más presente en la actual realidad educativa, siendo una parte importante de los ejes de proyectos educativos innovadores. Asimismo, la ingeniería y su proceso de diseño están ganando presencia en los currículos educativos de todo el mundo, especialmente a partir del año 2012, cuando el *National Research Council* estadounidense abogó por una posición prominente para la ingeniería en el currículo de ciencias y sus *Next Generation Science Standards* [1]. En España, la ingeniería ya aparece de forma explícita en los nuevos currículos de educación infantil y primaria, tanto en la Ley de Educación [2] como en los currículos educativos de las diferentes comunidades autónomas.

En la investigación educativa no hay consenso en torno a la definición de las prácticas epistémicas de ingeniería, todavía se está trabajando en una definición que nos ayude a enmarcar de forma óptima las experiencias

escolares en este ámbito [3-7]. En la propuesta del NRC [1] se partió de una sola idea disciplinar para la ingeniería, centrada únicamente en el proceso de diseño en ingeniería. Desde esta perspectiva, el proceso de diseño en ingeniería consiste en implementar el ciclo de diseño definido en 3 grandes bloques: (I) definir y delimitar los problemas: implica analizar el problema a resolver con claridad en términos de éxito y restricciones; (II) diseñar prototipos: supone una lluvia de ideas para generar posibles soluciones y evaluarlas según los criterios de éxito y restricciones de cada situación; (III) optimizar los prototipos: implica el rediseño y mejora de los prototipos para ofrecer una solución mejorada [1]. Esta idea inicial sobre qué constituyen las prácticas epistémicas de la ingeniería ha ido evolucionando y ampliándose. Posiblemente, el estudio más completo al respecto y que mejor estructura las prácticas epistémicas de la ingeniería lo encontramos en [5]. En esta revisión bibliográfica se identificaron 16 prácticas epistémicas de la ingeniería (**tabla 1**) que se clasificaron en cuatro grandes categorías: ingeniería en contextos sociales, uso de datos y evidencias para la toma de decisiones, herramientas y estrategias para solucionar problemas y encontrar soluciones mediante la creatividad y la innovación. Estas prácticas, englobadas en estas cuatro categorías, capturan los aspectos más importantes respecto al desarrollo de la ingeniería y aprender sobre cómo llegar a ser un ingeniero o ingeniera. Representan las características de la ingeniería que tienen mayor relevancia a la hora de diseñar experiencias educativas de calidad para edades comprendidas entre 5 y 18 años (K-12 en Estados Unidos).

Tabla 1. Prácticas epistémicas de la ingeniería agrupadas en categorías [5].

Grandes categorías	Prácticas epistémicas de ingeniería
Ingeniería en contextos sociales	Considerar problemas en su contexto. Hacer concesiones entre criterios y limitaciones. Evaluar las implicaciones de las soluciones. Comunicar de forma eficaz. Trabajar en equipo de forma eficaz. Verse a sí mismo como una persona ingeniera. Persistir y aprender del fracaso.
Uso de datos y evidencias para la toma de decisiones	Tomar decisiones basadas en la evidencia.
Herramientas y estrategias para solucionar problemas	Aplicar el conocimiento matemático en la resolución de problemas. Aplicar el conocimiento científico en la resolución de problemas. Contemplar múltiples soluciones. Investigar las propiedades y usos de los materiales. Utilizar el pensamiento sistémico. Construir modelos y prototipos.
Encontrar soluciones mediante la creatividad y la innovación	Innovar procesos, métodos y diseños. Desarrollar procesos para solucionar problemas.

En el proyecto EngiEDU que aquí presentamos entendemos que la ingeniería escolar es mucho más que una nueva manera de enseñar ciencia. Las prácticas epistémicas de la ingeniería nos permiten desarrollar un nuevo currículo educativo que incluya resolución de problemas, diseño de soluciones, uso de materiales y la reflexión sobre el contexto, analizando las limitaciones y sus implicaciones para las soluciones al reto propuesto.

Entendemos la ingeniería escolar como un proceso cíclico e iterativo que requiere de destrezas y prácticas epistémicas intrínsecas a la ingeniería para la resolución de retos o situaciones problemáticas, planteadas en el

ámbito escolar; y que implica la realización de un producto final que resuelva una necesidad concreta en un contexto determinado.

El objetivo a largo plazo del proyecto EngiEDU es el de poder ofrecer recursos educativos de ingeniería escolar examinados mediante rigurosos estudios empíricos. Bajo estas premisas hemos diseñado, implementado y evaluado una primera estructura metodológica de actividades escolares para educación infantil y primaria que implementan las prácticas epistémicas de la ingeniería. En este primer prototipo, para valorar la utilidad que esta propuesta de enseñanza tiene sobre el alumnado de primaria e infantil, se busca responder a la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué prácticas epistémicas de ingeniería ocurren de forma espontánea en el alumnado al enfrentarse a un reto de ingeniería escolar?

METODOLOGÍA

Contexto y participantes

Los retos se realizaron en un aula de 3º de Educación Infantil (EI) y en otra de 6º de Educación Primaria (EP) en el curso académico 2022/23 en dos centros escolares de la Comunidad Foral de Navarra. En total participaron 38 alumnos/as (15 de EI y 23 de EP). Cabe destacar que ninguno de los grupos había trabajado en una propuesta similar previamente. Se realizaron 4 sesiones de 2 horas en EI y 6 sesiones de unos 45 min en EP, en las que se realizaron cuatro y tres retos, respectivamente (**tabla 2**). En EI se agruparon en grupos 3-4 estudiantes y 3 docentes de apoyo y en EP en grupos de 5-6 estudiantes con 2 docentes.

Tabla 2. Resumen de los retos propuestos.

RETO	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN Nº de sesiones (duración total)	REFERENCIA
1. CANDADO	Construir un artefacto para sacar un candado de un bote sin tocar el recipiente, sin romperlo, ni dar la vuelta al bote.	3 sesiones en EP (2h) 1 sesión en EI (2h)	Inspirado por [8]
2. RAMPA	Construir una rampa con diferentes materiales, con el objetivo de que el vehículo se detenga al bajar la rampa antes de chocar con un muro.	1 sesión en EI (2h)	Elaboración propia
3. PELOTA VOLADORA	Inventar una manera de lanzar una pelota de ping-pong lo más lejos posible.	2 sesiones en EP (1h 15 min) 1 sesión en EI (2h)	Inspirado por [9]
4. PARACAÍDAS	Construir un paracaídas que soporte el peso de un huevo, que será lanzado desde un primer piso, y que evite su rotura.	1 sesión en EP (1h) 1 sesión en EI (2h)	Elaboración propia

Los retos planteados se seleccionaron cuidadosamente y el alumnado sólo tenía acceso a un material específico, previamente seleccionado por el equipo investigador.

DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE AULA

Para el desarrollo de los retos en el aula y poder completar el proceso de diseño en ingeniería, se ha estructurado un patrón de 5 fases (**figura 1**), común a todos los retos. Las propuestas comienzan con el planteamiento del problema, dentro de un contexto cercano al alumnado. A modo de ejemplo, para el caso del primer reto en Educación Infantil, fue el mismo conserje de la escuela el que les planteó el problema: “se me ha caído un candado detrás de un armario y no me entra la mano. Necesito un artilugio para poder cogerlo, ¿me ayudáis?”.

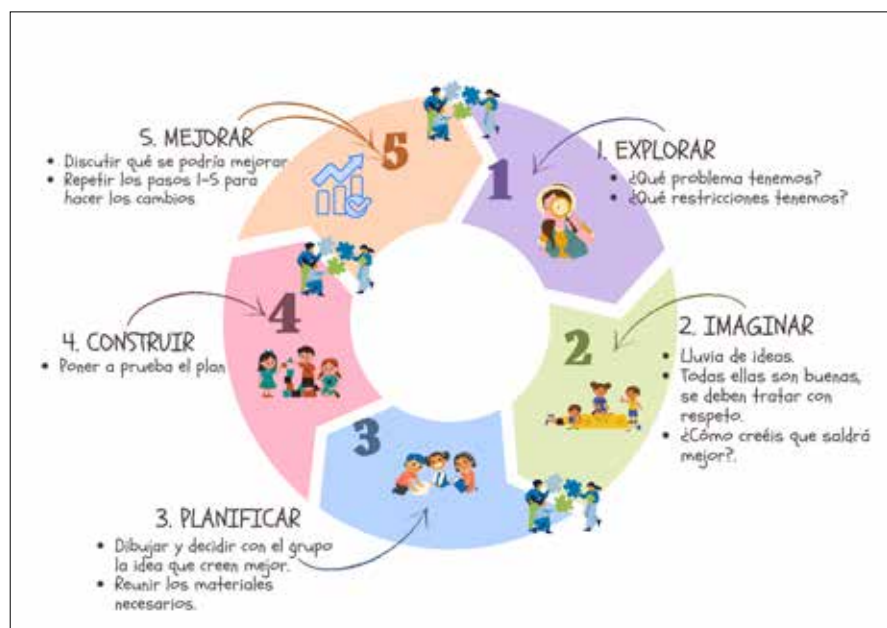


Figura 1. Fases del proceso de diseño en ingeniería para los retos propuestos en esta investigación. Diseño y elaboración propios.

REGISTRO Y ANÁLISIS DE DATOS

Durante la implementación de esta primera prueba piloto, se grabaron las sesiones mediante vídeo y grabadoras de voz. El consentimiento de todos los padres para la recopilación de datos se obtuvo a través de la maestra responsable. Las grabaciones se analizaron utilizando una hoja de observación (**tabla 3**) adaptada del instrumento EPCOT (*Engineering Preschool Children Observation Tool*) [10]. Mediante estos registros se ha determinado la frecuencia de acciones cognitivas relacionadas con la resolución de problemas y con las prácticas epistémicas de ingeniería. Asimismo, se ha analizado el contenido de los diálogos asociados a las diferentes categorías.

Tabla 3. Resumen de categorías incluidas en la tabla de observación.

CATEGORÍAS DE OBSERVACIÓN	
Fenómeno Científico (FC)	Relaciona tanto situaciones de su vida cotidiana, como materiales y actividades con un fenómeno científico, y/o hace preguntas sobre el propio fenómeno científico.
Procesos de Ingeniería (Ing)	Menciona pasos del proceso de ingeniería, propone de forma espontánea seguir los pasos
1 Fase: Explorar	Articula el problema (1_Ident) Revisa los objetivos o limitaciones de este (1_Rev)
2 Fase: Imaginar	Propone soluciones (2_Prop) Predice ventajas y desventajas a una posible solución (2_Pred)
3 Fase: Planificar	Explica una planificación (3_Pla) Revisa la planificación (3_Rev)
4 Fase: Construir	Habla sobre los materiales mientras construyen (4_ExpM) Habla sobre los pasos a seguir en la construcción (4_Pasos)
5 Fase: Mejorar	Revisa el producto y propone nuevas soluciones (5_Rev)

RESULTADOS

Los retos se desarrollaron sin inconvenientes en ambos grupos, percibiéndose un alto grado de interés y participación por parte de los alumnos. A modo anecdótico, en ambos grupos el alumnado preguntaba cuál iba a ser el problema siguiente por resolver:

Respecto al trabajo grupal, en EP se observó una tendencia a que ciertas personas asumían un liderazgo dominante, mientras que el resto seguía las indicaciones de dicha persona. En los primeros retos, los prototipos tendían a basarse en una sola idea, normalmente propuesta por el líder del grupo, y centraban su atención en mejorarla, y no tanto en proponer nuevas ideas. Sin embargo, a medida que se realizaban los diferentes retos se observó que fueron capaces de reconocer la importancia de que todos los miembros del grupo expresaran sus ideas (ejemplo de diálogo en el reto 4):

Alumno/a 1: Vale, creo que tengo una idea. Me dejáis decir mi idea y luego cada uno dice la suya. Es... cogemos dos de las de coger los huevos (huevera), hacemos una capa [...] y luego ponemos unas cuerdas, atadas a eso, y la atamos a las bolsas. [...]. A ver tu idea (dirigiéndose al alumno/a 5).

Alumno/a 5: Me parece muy bien tu idea, o sea yo igual lo cambio.

Alumno/a 4: Mi idea es coger papel de burbujitas, enrollarlo en el huevo [...] hacemos un nido, los nidos lo hacen para hacer una casa y poner los huevos dentro y que soporte todo el peso [...] y en los extremos hacemos un paracaídas.

En EI, plantear el problema como un reto de toda la clase, sin competencia entre grupos, contribuyó a la cohesión grupal. Las dificultades surgieron al limitar la resolución del reto a un prototipo por grupo, ya que todos querían crear su propio prototipo individual, por el egocentrismo característico de la etapa. Las prácticas epistémicas de ingeniería registradas en las dos aulas se muestran en la figura 2 (A y B). Los y las estudiantes demuestran cierta facilidad para generar diferentes propuestas ante el problema planteado en todos los retos (práctica epistémica 2_Prop).

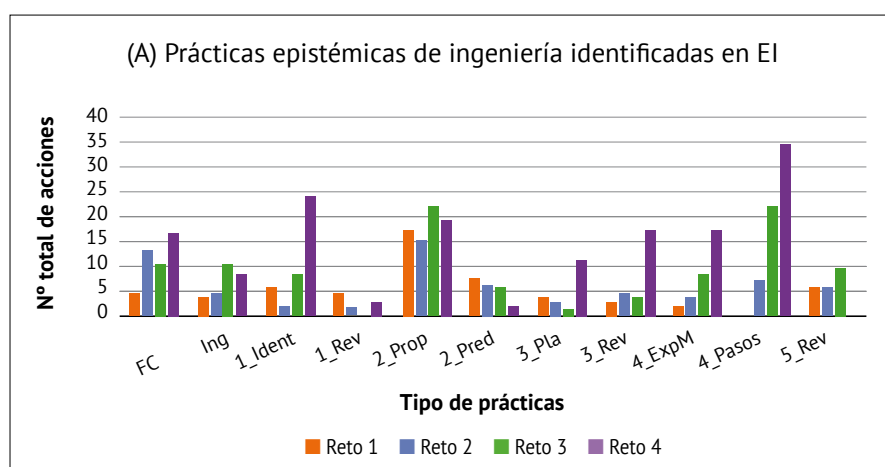
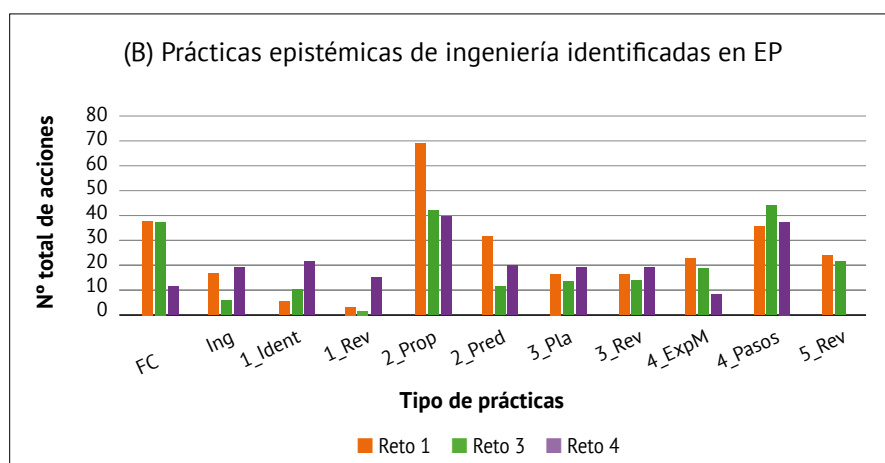


Figura 2. Frecuencia de prácticas epistémicas de ingeniería de cada reto en (A) 3º EI y (B) 6º EP. Fenómeno Científico (FC), Procesos de ingeniería (Ing), Articula el problema (1_Ident), Revisa los objetivos o limitaciones de este (1_Rev), Propone soluciones (2_Prop), Predice ventajas y desventajas a una posible solución (2_Pred), Explica una planificación (3_Pla), Revisa la planificación (3_Rev), Habla sobre los materiales mientras construyen (4_ExpM), Habla sobre los pasos a seguir en la construcción (4_Pasos) y Revisa el producto y propone nuevas soluciones (5_Rev).



Las bajas frecuencias registradas en la categoría “Explica una planificación” (3_Pla) indican que los alumnos prácticamente no llevan a cabo una planificación como un paso previo a la construcción de sus prototipos. Tienden a pensar en una sola idea y construyen el artilugio mientras lo están poniendo a prueba, dejando de lado todas aquellas fases de revisión de objetivos y limitaciones (1_Rev), predicción (2_Pred) y revisión de la planificación (3_Rev).

En la fase de construir, el alumnado no indica paso a paso que es lo que tiene que hacer; es decir, no planifica (3_Pla), sino que comentan el proceso según construyen el prototipo. Además, toman decisiones sobre la marcha, ya que aquello acordado en la planificación tampoco se sigue al pie de la letra, sobre todo cuando tienen dificultades con los materiales o ven que algo no les funciona como lo habían previsto.

Además es importante señalar que, como se ve en la **figura 2**, se detectan bajas frecuencias relacionadas con las partes asociadas con la revisión, tanto de los objetivos y limitaciones del problema (1_Rev) como de los productos y prototipos (5_Rev). Esto implica que el alumnado olvida, ignora o rehúye los procesos de revisión exhaustiva del objetivo inicial, la propuesta de diseño y la mejora del prototipo.

Por otro lado, se observa una variación en las frecuencias de las prácticas epistémicas de ingeniería a lo largo de la secuencia de retos. Durante los dos primeros retos, los y las estudiantes no mostraron una necesidad clara de revisar los objetivos de manera independiente (se observan frecuencias inferiores a 10 en la práctica 1_Ident). El papel activo de la docente fue primordial para recordarles su misión principal y evitar que se olvidaran del objetivo. Es destacable que, en el último reto, fue gratificante ver cómo los propios estudiantes comenzaron a reflexionar y recapitular sobre cuál era el objetivo y recordárselo a los demás miembros del grupo (frecuencia de 24 en EI y 23 EP, de la práctica 1_Ident), lo cual nos sirvió para evidenciar una mayor integración de esta práctica epistémica de ingeniería en su proceso de diseño.

Se ha comparado el uso de las prácticas epistémicas de ingeniería entre estas etapas escolares tan diferentes, 3º EI y 6º EP. Para ello, se cuantificaron la totalidad de registros de las prácticas epistémicas de ingeniería para todos los retos de cada nivel educativo y expresamos porcentualmente los resultados de cada práctica. Al realizar la comparativa entre las dos etapas (**figura 3**) se observa que las acciones cognitivas más frecuentes en todos los contextos analizados es la de proponer soluciones (2_Prop, de la fase imaginar) y comentar los pasos a seguir durante la construcción de los prototipos (4_Pasos, de la fase construir), independientemente de la etapa educativa. En general, todas las categorías tienen un comportamiento similar entre ambos grupos.

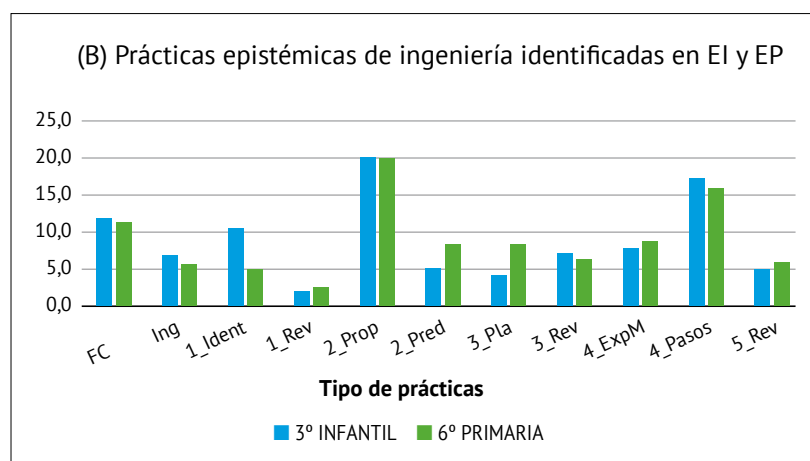


Figura 3. Porcentaje de prácticas epistémicas de ingeniería en relación con el total de acciones de todos los retos, para cada nivel educativo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se recopilaron datos cualitativos y cuantitativos para identificar los patrones y tendencias en el desempeño de los estudiantes en cada una de las fases del proceso de diseño en ingeniería, al final de las etapas de Educación Infantil y de Educación Primaria.

Como visión general, cabe destacar que los alumnos de 3º EI y los de 6º EP muestran un perfil muy similar en cuanto a las frecuencias de uso de las prácticas epistémicas de ingeniería analizadas en nuestras categorías.

Este hecho sugiere que los estudiantes están preparados desde Educación Infantil para proponer diferentes soluciones y participar en la construcción de sus prototipos. Al mismo tiempo, nos invita a prestar más atención a otras “prácticas de ingeniería”, como son la revisión, la predicción de ventajas y desventajas de las propuestas, y la experimentación con los materiales, desde edades tempranas. A pesar de que en la vida real no se sigue una serie de pasos rígidos, utilizar un marco de referencia de 5 pasos como “anclaje” de todos los retos que se planteen en el aula y proponer varias actividades de este tipo, proporciona una estructura de apoyo para ordenar el trabajo y el pensamiento del alumnado, además de familiarizarse con el proceso [11]. Además, puede ayudar al alumnado a reducir la impaciencia de querer pasar directamente a construir un artefacto, característica propia de estas etapas educativas.

La motivación y participación del alumnado confirma la disposición natural de las niñas y niños como pequeñas ingenieras e ingenieros que imaginan posibles soluciones. Tal como declara Cunningham [11], es necesario nutrir estas inclinaciones naturales involucrándolos en actividades de ingeniería desde edades tempranas. Además, el alumnado es todavía maleable, y no tiene miedo a expresar sus ideas locas y compartirlas con sus iguales [12], aspecto que mantiene una correspondencia con el gran número de propuestas que realiza el alumnado, comparando con otras prácticas epistémicas analizadas.

Resulta interesante prestar atención al contexto que se presentará al alumnado, ya que, tal como se ha realizado en estos retos, adecuarlo a una situación cercana y en la que tengan que ayudar a alguien puede contribuir a que la actividad sea más relevante y el alumnado se involucre más [12]. Por otro lado, no hay que obviar que el profesorado debe orquestar el aula de modo que se puedan crear momentos para desarrollar las prácticas epistémicas planteadas, dado que no todas ocurren de forma espontánea. Es importante favorecer espacios y momentos de comunicación en los que el alumnado planifique y revise tanto los objetivos como las limitaciones del reto, y por supuesto, las posibles mejoras del prototipo construido, tanto en grupos pequeños como en gran grupo.

Otro aspecto que considerar son las dinámicas de grupo. Así, fomentar la participación equitativa y el trabajo en equipo en todos los grupos es un aspecto clave para el éxito y el aprendizaje de los estudiantes. Es preciso vigilar la posible dependencia excesiva, para algunos alumnos y alumnas, de las indicaciones del líder o del docente. Aunque es un aspecto que puede dificultar la actividad, se trata de una característica propia del trabajo de ingeniería y, además, promueve la concepción del alumnado de que compartir múltiples ideas resulta en una aproximación más exitosa de la resolución del problema planteado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales para Maider Auza Urritz y Nesrin Amina Anneche Brihi, quienes han realizado valiosos aportes al presente trabajo.

Se agradecen las ayudas recibidas por:

Ajuts per a la Innovació Docent (INDOC-2023), referencia proyecto 07GI2314, Institut de Ciències de l'Educació. Universitat Rovira i Virgili.

Convocatoria de Proyectos dirigidos por Jóvenes Investigadores 2024, referencia de proyecto PJUPNA2024-11711, Universidad Pública de Navarra.

Grupo BEAGLE. Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales.

Proyecto PID2021-123615OA-I00: Las prácticas científicas en la transición entre etapas. Desarrollo de destrezas en la construcción, uso y validación del conocimiento científico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2012) A Framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press. [En línea] doi:10.17226/13165
- [2] ESPAÑA, CORTES GENERALES (2020) Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 30-12-2020, 340, 122868- 122953. <https://www.boe.es/boe/dias/2020/12/30/pdfs/BOE-A-2020-17264.pdf>

- [3] EHSAN, H., QUINTANA-CIFUENTES, J.P., PURZER, S., REHMAT, A.P. (2023) Engineering design and children: a systematic literature review. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology* 11, 775–803.
- [4] LI, L., CHUNG-HAO, C., FENG-KUANG, C. (2020) Investigating how children learn and perceive engineering design knowledge through automotive design practices. *International Journal of Engineering Education* 36, 1480-1491.
- [5] CUNNINGHAM, C.M., KELLY, G.J. (2017) Epistemic practices of engineering for education. *Science Education* 101, 486-505.
- [6] CUNNINGHAM, C.M., CARLSEN, W.S. (2014) Teaching engineering practices, *Journal of Science Teacher Education* 25, 197-210.
- [7] WINARNO, N., RUSDIANA, D., SAMSUDIN, A., SUSILOWATI, E., AHMAD, N., AFIFAH, R.M.A. (2020) The steps of the Engineering Design Process (EDP) in science education: A systematic literature review. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists* 8, 1345-1360.
- [8] FURMAN, M. (2016) *EducAR mentes curiosas la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia: documento básico*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Fundación Santillana, p.54.
- [9] <https://pbskids.org/designsquad/build/pop-fly/>
- [10] ANGGORO, F.K., DUBOSARSKY, M., KABOUREK, S. (2021) Developing an observation tool to measure preschool children's problem-solving skills. *Education Sciences* 11 (12), 779. doi:10.3390/educsci11120779
- [11] CUNNINGHAM, C.M. (2016) Engineering education for elementary students. En DE VRIES, M.J., GUMAELIUS, L., SKOGH, I.B. *Pre-university Engineering Education* pp. 81–99. [En línea] doi:10.1007/978-94-6300-621-7_6
- [12] DE VRIES, M.J., GUMAELIUS, L., SKOGH, I.-B. (2016) Pre-university engineering education. An introduction. En DE VRIES, M.J., GUMAELIUS, L., SKOGH, I.B. *Pre-university Engineering Education* pp. 1–12.
- [13] BROPHY, S., KLEIN, S., PORTSMORE, M., ROGERS, C. (2008) Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education* 97, 369-387.

ACERCANDO LA ENFERMEDAD RENAL A LAS ESCUELAS: IMPACTO DE UN PROGRAMA PILOTO DE EDUCACIÓN SANITARIA PARA MEJORAR LOS CONOCIMIENTOS EN SALUD

M^a Dolores Ojeda Ramírez¹, Sergio García-Marcos¹, Paula Manso del Real², Julia Audije-Gil^{2*},
M^a Dolores Arenas Jiménez²

¹ Servicio de Nefrología, Hospital Universitario Poniente, Almería, España.

² Fundación Renal, Madrid, España. julia.audije@friat.es

Palabras clave: enfermedad renal crónica; concienciación; sensibilización; educación en salud; literatura infantil.

Keywords: chronic kidney disease; awareness; sensitization; health education; children literature.

Resumen

La enfermedad renal crónica (ERC) es una condición silenciosa en la que la prevención y el diagnóstico temprano juegan un papel esencial. El Proyecto Renata es un programa educativo que involucra a los niños como promotores de salud. Los resultados del programa muestran que las actividades educativas, como charlas y talleres escolares, mejoran significativamente el conocimiento sobre la salud renal entre los estudiantes. La investigación asociada al proyecto demuestra que estos niños y jóvenes luego transmiten la información a sus familias, actuando como agentes de cambio en la promoción de la salud renal en la comunidad.

Abstract

Chronic kidney disease is a silent condition in which prevention and early diagnosis play an essential role. The Renata Project is an educational program that involves children as health promoters. The results of the program show that educational activities, such as school talks and workshops, significantly improve knowledge about kidney health among students. Research associated with the project demonstrates that these children and youths then transmit the information to their families, acting as agents of change in promoting kidney health in the community.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica (ERC) es una condición que reduce gradualmente la capacidad de los riñones para filtrar desechos, mantener el equilibrio de líquidos, regular la presión arterial, producir glóbulos rojos y controlar los niveles de fósforo y calcio [1,2]. Afecta aproximadamente al 15% de la población y representa alrededor del 3% del gasto sanitario, lo que implica un elevado impacto psicosocial y económico [3]. A pesar de su gravedad, existe un gran desconocimiento sobre esta enfermedad en la población general. Se la conoce como la “epidemia silenciosa” porque en sus primeras etapas no presenta síntomas y pasa desapercibida, con más del 40% de los casos sin diagnosticar [4]. Se prevé que para 2040 será la quinta causa de muerte en el mundo, lo que hace urgente implementar políticas de prevención y diagnóstico temprano tanto en adultos como en niños y jóvenes [5].

Desde los años cincuenta, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha destacado la importancia de las escuelas en la prevención de enfermedades no transmisibles. Desde entonces se han desarrollado programas educativos sobre nutrición, ejercicio, salud mental y sexual, y abuso de sustancias [6,7]. Sin embargo, en el caso de la ERC muchas intervenciones de concienciación y prevención no incluyen el entorno educativo [8].

El ambiente escolar es ideal para iniciar la educación y promoción de hábitos saludables en los jóvenes por varias razones. Primero, durante esta etapa son más receptivos al aprendizaje de hábitos beneficiosos para la salud [9,10]. Segundo, es crucial posicionar a los niños en el centro de su cuidado [11]. Tercero, el nivel de educación de una persona durante la infancia está relacionado con mejores resultados de salud en la edad adulta [12]. Cuarto, si se aprovecha el potencial de los estudiantes como agentes de cambio se mejora el conocimiento científico-sanitario de su entorno familiar y local. Este impacto en la comunidad es vital, ya que hay una relación directa entre la baja educación de los padres y los comportamientos negativos para la salud infantil, como una mala nutrición y menos actividad física [13].

En este contexto sociosanitario y educativo, la Fundación Renal (una entidad sin ánimo de lucro con una sólida trayectoria desde los años ochenta en la asistencia de la ERC y la prevención de sus factores de riesgo) desarrolló el "Programa Renata", basado en la idea de que la educación científico-sanitaria en las escuelas es una estrategia eficaz para promover la salud y fomentar un estilo de vida saludable [14,15].

Uno de los ejes fundamentales del programa es el libro ilustrado infantil "Renata, mi nefróloga" [16] (figura 1), que se distribuye gratuitamente a los colegios que lo soliciten en info@friat.es y va asociado a una guía didáctica y un cuadernillo de actividades [17]. El libro tiene ediciones en castellano, gallego, valenciano y catalán, lo cual es esencial para llegar a las diferentes comunidades autónomas en sus lenguas vernáculas.



Figura 1. Libro ilustrado de literatura infantil "Renata, mi nefróloga".
A) Portada del cuento. B) Imagen de una de las páginas del interior.

Con este cuento se pretende dar a conocer a los niños y niñas cómo vivir de manera saludable y qué deben de hacer para cuidar y proteger sus riñones. A través de la historia del libro, se fomenta la empatía y confianza entre Martina (la hija del paciente) y Renata (la nefróloga), promoviendo una atención sanitaria digna y humana. Además, el uso de literatura infantil en el aula es un recurso excelente, ya que atrae mucho el interés de los niños, esencial para un aprendizaje eficaz, y trabaja aspectos como las emociones, las normas sociales y los valores, entre otros [18,19].

Desde la primera edición, la Fundación Renal puso en marcha un proyecto de intervención en las escuelas de todo el territorio español, mediante la realización de charlas y talleres. Este programa educativo cuenta con el aval de la Sociedad Española de Nefrología (SEN), la Sociedad Española de Enfermería Nefrológica (SEDEN), la Asociación

para la Lucha Contra las Enfermedades del Riñón (ALCER), entre otras instituciones.

La intervención escolar se fundamenta en tres puntos:

- 1) La ERC se ve influida por factores no modificables, como la edad y el sexo, pero también por factores modificables como obesidad, hipertensión, diabetes y tabaquismo, los cuales se vinculan a hábitos dietéticos y del estilo de vida [20]. Por ello, un punto clave de la prevención se centra en fomentar hábitos saludables y en educar para un diagnóstico temprano.
- 2) Utilizar materiales y metodologías educativas adaptadas a la edad de los estudiantes, como la "gamificación" o el aprendizaje lúdico, es eficaz para motivar y promover los temas científico-sanitarios [21,22]. La literatura infantil desempeña un papel crucial al permitir que los niños adquieran valores y conocimientos de manera práctica, fomentando rutinas sanitarias que pueden incorporar naturalmente en su vida diaria [22]. Además de la lectura, trabajar con cuentos incluye el uso de elementos motivadores como imágenes, figuras, charlas, juegos y discusiones para reforzar lo aprendido.
- 3) Aprovechar el potencial de los estudiantes para la prevención de enfermedades [23] y promover su papel como agentes de cambio en la sociedad [24]. El Proyecto Renata busca aumentar el conocimiento de los alumnos sobre la ERC y la salud renal, capacitándolos para transmitir estos conocimientos a sus familias y comunidades.

PROPUESTA METODOLÓGICA Y DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO

El Proyecto Renata es un programa escolar de educación científico-sanitaria dirigido al alumnado desde el tercer curso de Educación Infantil al quinto curso de Educación Primaria (de 5 a 10 años) de centros escolares públicos, concertados y privados del territorio español, así como sus familiares, incluyendo a uno de los progenitores o tutores legales. De momento se ha realizado la actividad en colegios e instituciones de diferentes localidades de Galicia, Castilla y León, Madrid y Andalucía.

Este programa de intervención e investigación sigue un diseño cuasiexperimental, evaluando el impacto de la actividad antes y después de la intervención. Las variables del estudio abarcan edad, sexo y nivel de conocimientos de estudiantes y familiares. Dicho nivel de conocimientos se evalúa mediante un cuestionario que fue diseñado ad hoc por una maestra de Educación Infantil y psicopedagoga, y adaptado a la edad de los participantes.

INTERVENCIÓN EDUCATIVA

1ª fase: evaluación inicial del conocimiento acerca de la ERC y la salud renal

En los días previos a la intervención del programa educativo los estudiantes responden un cuestionario sobre la enfermedad y la salud renal, adecuado a su edad, con ayuda del docente (previamente instruido en temas de salud renal) (figura 2). Los familiares también completan un cuestionario similar a través de Google Forms. Cada cuestionario tiene 10 preguntas y se otorga 1 punto por respuesta correcta, con una puntuación máxima de 10.

2ª fase: intervención educativa

La intervención consiste en una charla-taller realizada durante una jornada escolar, sin que los familiares estén presentes. Esta jornada comienza con actividades de presentación y motivación para captar el interés de los estudiantes e identificar sus conocimientos previos. Seguidamente, un docente o un profesional de la enfermería escolar realiza una lectura mediada del cuento "Renata, mi nefróloga". Tras las actividades de presentación y la lectura mediada del libro se ponen en práctica, de manera secuencial, una serie de actividades de educación para la salud renal, que pueden variar en función de la edad de los estudiantes. La propuesta didáctica de estos talleres tiene en cuenta los principios metodológicos de aprendizaje significativo, globalización, principio de actividad y carácter lúdico [25]. Cada una de las actividades está diseñada para adquirir y desarrollar los siguientes objetivos de aprendizaje en una secuencia didáctica lógica:

- 1) Diferenciar las diferentes partes del aparato excretor.
- 2) Aprender la localización de los riñones y sus funciones.
- 3) Conocer la ERC y sus causas.
- 4) Valorar la importancia de los hábitos saludables para prevenir la ERC.
- 5) Transmitir estos contenidos a los familiares.

Entre otros materiales y actividades de desarrollo se proponen (figura 3):

- Utilizar una maqueta para explicar cómo funcionan los riñones.
- Aprender la localización de los riñones en el cuerpo con una "camiseta" de realidad virtual, usando una aplicación para tableta o iPad que permite ver el interior del cuerpo humano de manera interactiva.
- Realizar un experimento sobre cómo funcionan los riñones a través de materiales cotidianos (colador, purpurina, agua, etc.).



Figura 2. Cuestionario de 10 preguntas diseñado para evaluar los conocimientos de los estudiantes.

- Situar conceptos sobre hábitos “renosaludables” y no saludables en un mapa dinámico tipo franelograma.
- Recortar alimentos saludables y no saludables de un folleto de alimentación.
- Hacer en grupo un desayuno “renosaludable” en el aula.
- Rellenar una ficha de localización de los riñones con habichuelas simulando el riñón.
- Juego de relevos con los términos aprendidos.
- Juego de campaña a favor de donación de órganos.

La explicación de muchas de estas actividades propuestas se puede descargar de manera gratuita de la guía didáctica y su cuadernillo de actividades en la página web de la Fundación Renal [17] (figura 4). Tras la finalización de los talleres principales se realizan actividades de recapitulación (por ej., franelograma) encaminadas a afianzar las capacidades y aprendizajes trabajados en la sesión educativa.



Figura 3. Imágenes de algunos de los materiales y las actividades desarrolladas en los talleres del Proyecto Renata. A) Maqueta de cómo funcionan los riñones. B) “Camiseta” de realidad virtual. C) Experimento sobre cómo funcionan los riñones. D) Franelograma sobre hábitos “renosaludables” y no saludables. E) Recortes de alimentos saludables y no saludables. F) Ficha de localización de los riñones.

Figura 4. Imágenes del interior de la guía didáctica y del cuadernillo de actividades del Proyecto Renata desarrollados para la intervención en las escuelas. Ambos se pueden descargar de manera gratuita en la página web de la Fundación Renal [17]. A) Explicación del experimento sobre el funcionamiento de los riñones con materiales cotidianos (colador, etc.). B) Recortables de alimentos para aprender cuáles son “renosaludables” y cuáles no.

3ª fase: evaluación postintervención del conocimiento acerca de la ERC y la salud renal

Tras los talleres, los estudiantes vuelven a cumplimentar en clase de manera individual el cuestionario de 10 preguntas. En el caso de los familiares, también completan el cuestionario en los días posteriores (máximo de cinco) (figura 5). Sin embargo, dado que no estuvieron presentes durante la actividad, se les indica que previamente inviertan un tiempo hablando y preguntando a los niños acerca de la intervención que tuvieron en clase. Esto permite analizar si los conocimientos son transmitidos al entorno familiar:

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La consistencia del cuestionario se evaluó utilizando el coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0,736, considerado aceptable. Además, se aplicó un modelo Rasch para medir la dificultad de cada ítem. Se verificó la normalidad de las puntuaciones mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk. Las variables categóricas se analizaron con la prueba de ji-cuadrado de Pearson. Las variables cuantitativas con la prueba t de Student para muestras dependientes o prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Los análisis se efectúan utilizando el software R Statistical Software (v4.1.2; R Core Team 2021) y SPSS versión 26 (IBM Inc., Armonk, NY, USA), fijando la significación estadística en $p < 0,05$.

EJEMPLO DE CRONOGRAMA DEL PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA LA SALUD RENAL										
Día previo	Día de la charla-taller educativa									Día posterior
Cuestionario pre- estudiantes	9 a 9:30	9:30 a 10	10 a 10:15	10:15 a 10:30	10:30 a 11	11 a 11:30	11:30 a 12	12 a 13	13 a 13:30	Cuestionario post- familiares (máximo cinco días después de la intervención)
Cuestionario pre- familiares	Presentación y toma de contacto	Lectura del cuento	Actividad maqueta	Actividad camiseta	Actividad franelograma	Desayuno reno saludable	Recreo = Actividad física	Juegos en grupo para reforzar lo aprendido	Cuestionario post-estudiantes	

Figura 5. Ejemplo de cronograma de una charla taller para alumnos de Educación Infantil.

IMPACTO DEL PROGRAMA

Las primeras intervenciones realizadas en el Proyecto Renata se llevaron a cabo en abril de 2023. Desde entonces se ha realizado la charla-taller en casi medio centenar de colegios de Galicia, Castilla y León, Madrid y Andalucía, llegando en total a más de dos mil personas entre docentes escolares y sus familiares. Igualmente, se han realizado otras presentaciones y actividades con motivo de jornadas especiales como el Día Mundial del Riñón (en la cual, por ejemplo, en Galicia asistieron más de 500 personas), la Semana de la Salud en Alorcón, y otros actos con personalidades destacadas del ámbito institucional, universitario y de los servicios sociales.

Los resultados preliminares del proyecto muestran un impacto significativo y resultados alentadores en la sensibilización sobre la ERC [26]. En este estudio de Ojeda y col. se llevó a cabo la intervención en un colegio de Almería con 21 alumnos cuya edad media fue de 5,5 años, de los cuales el 52,4% eran varones, y con sus familiares.

En el caso de los estudiantes, antes de la realización de la charla-taller se observó un nivel bajo de conocimiento en temas relacionados con el riñón y la salud renal (**figura 6A**). Ningún estudiante conocía el nombre del médico del riñón y menos del 50% respondió correctamente a las preguntas relacionadas con la anatomía, la función y la fisiología renal. Las preguntas 8 (¿Qué acciones cuidan mis riñones?) y 9 (¿Cuál es el líquido que más beneficia al riñón?), relacionadas con la prevención y hábitos saludables, fueron las únicas que respondieron correctamente más de la mitad de los estudiantes. Tras la charla-taller, los resultados de

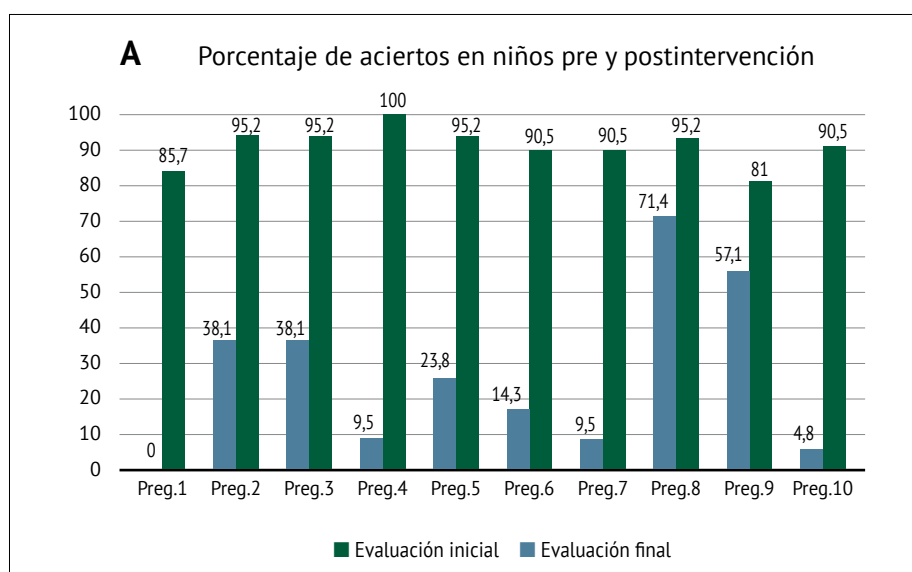


Figura 6A. Resultados pre- y postintervención de los estudiantes.

Nota: Las preguntas corresponden al cuestionario de la **figura 2**.

aciertos de los estudiantes se incrementaron de forma significativa ($p < 0,05$) para todas las respuestas del cuestionario, excepto en la pregunta 9 (¿Cuál es el líquido que más beneficia al riñón?) ($p = 0,083$). En esta pregunta se registró el mínimo de aciertos, aunque exhibiendo cierta mejoría, pasando de un 57% (12) a un 81% (17).

En el caso de los familiares, el nivel de conocimiento inicial que tenían sobre temas relacionados con el riñón y la salud renal era superior al de los estudiantes (**figura 6B**). En todas las preguntas las puntuaciones preintervención de los familiares fueron superiores a las de los estudiantes, excepto la pregunta 8 (sobre las acciones que benefician a los riñones) en la que los estudiantes tuvieron 71,4% aciertos, frente al 57,1% los familiares. Tras la intervención, el nivel de conocimiento aumentó, con la excepción de la pregunta 9 (¿Cuál es el líquido que más beneficia al riñón?), aunque en ningún caso este incremento tuvo significación estadística ($p > 0,05$).

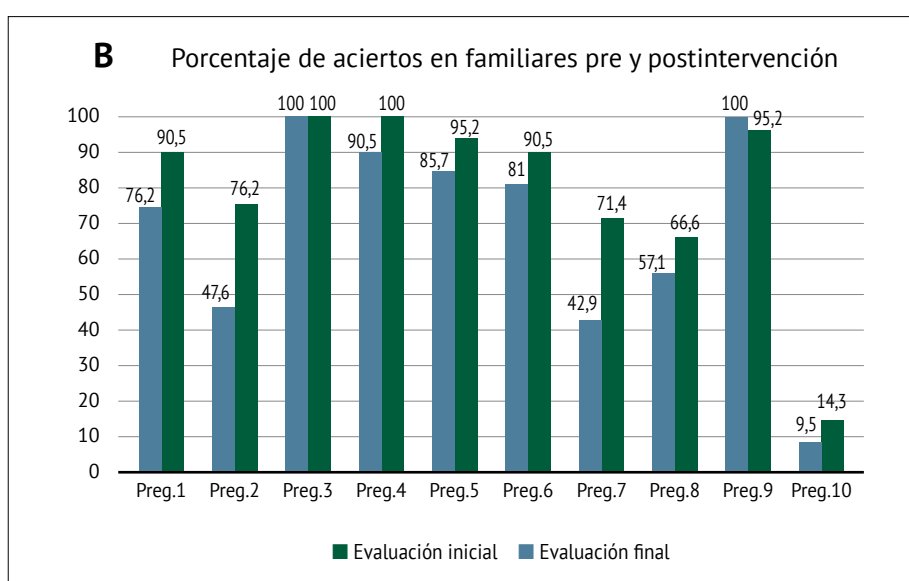


Figura 6B. Resultados pre- y postintervención de los familiares.

Nota: Las preguntas corresponden al cuestionario de la **figura 2**.

En cuanto al análisis de la media obtenida en el cuestionario antes y después de la charla-taller, reveló una mejora significativa en las puntuaciones tanto de los estudiantes como de los familiares. Inicialmente, los estudiantes tuvieron una media de 2,43 (SD 2,18) sobre 10, que aumentó a una media de 9,19 (SD 1,17) en la evaluación final ($p < 0,001$). Por otro lado, los familiares mostraron una media inicial de 6,81 (SD 1,29), que aumentó a 8,10 (SD 1,48) en la evaluación final ($p = 0,024$) (**Figura 7**).

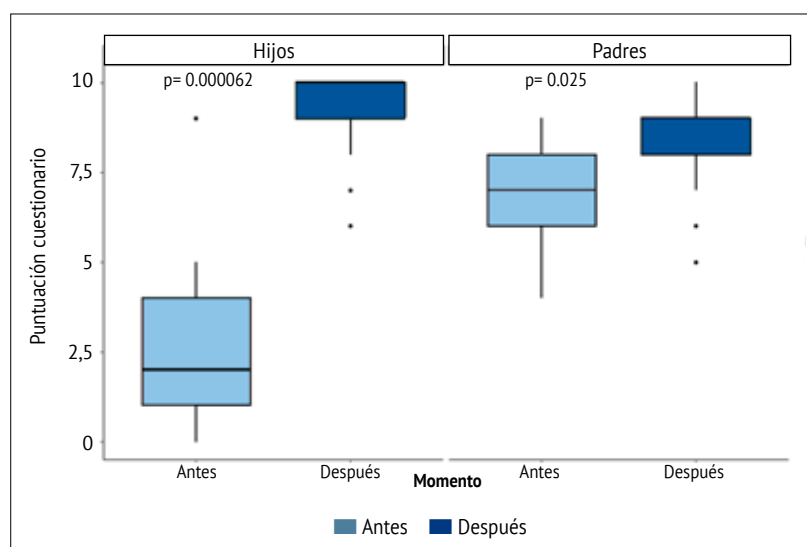


Figura 7. Diagrama del cambio de la nota media de los estudiantes y sus familiares antes y después de la charla-taller.

DISCUSIÓN

Los niños y jóvenes tienen gran potencial para transformar la sociedad. Promover la salud en las escuelas mejora la salud de los estudiantes y también la del resto de la comunidad [27]. El hallazgo más importante de la investigación asociada al Programa Renata es que demuestra que la promoción de un programa de educación para la salud renal en la escuela tiene un impacto directo en la educación en temas de salud de los estudiantes y también en la de sus familias. La mejoría en los resultados de los familiares confirma la hipótesis de que los niños juegan un papel como potenciales agentes de cambio de su entorno.

No existen estudios equivalentes en la bibliografía científica española e internacional sobre la influencia de los menores en la formación en salud renal de sus familias. No obstante, otras investigaciones realizadas en el entorno escolar han demostrado que los niños están interesados en debatir temas de la salud, como el trasplante de órganos, en sus hogares [28]. También son promotores de hábitos de vida saludables y cambios en el estilo de vida de sus familias frente a temas como la obesidad, las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y la diabetes [29]. Esto es alentador para la formación de sus familiares, ya que los resultados preliminares del Proyecto Renata muestran una notable diferencia en el conocimiento sobre hábitos saludables para el riñón entre niños y adultos (pregunta 8). Además, alerta sobre la falta de conciencia en la población general acerca del vínculo entre los hábitos diarios y el desarrollo de la ERC.

La población dispone de una vasta cantidad de información sobre salud, pero es ampliamente reconocido que muchas personas encuentran complicado entender y usar esa información [30]. En comparación con otras enfermedades, como los trastornos cardiovasculares, la hipertensión, la diabetes o el cáncer, la ERC requiere de manera apremiante una mayor sensibilización y concienciación, debido al desconocimiento general sobre la anatomía, la función y las enfermedades renales, tanto en niños [31] como en adultos [32].

Ciertamente un resultado preocupante es que una gran proporción de adultos desconoce cuál es el especialista al que deben acudir para cuidar la salud de sus riñones (pregunta 1), la sintomatología de la ERC y la interpretación de sus analíticas (preguntas 2 y 7, respectivamente), o las opciones de tratamiento en caso de enfermar (pregunta 10). El insuficiente nivel de conocimiento sobre la ERC y sus factores de riesgo favorece su desarrollo y progresión [33], dificulta el diagnóstico [34] y reduce la eficacia del tratamiento renal sustitutivo [35]. Además, menos educación sanitaria se vincula con 24-75% más de riesgo de mortalidad general [36].

En consecuencia, en el caso de la ERC, cuyo avance es silencioso, la prevención juega un papel especialmente importante [37]. El conocimiento de las estrategias de prevención y control puede evitar la mayoría de las muertes prematuras o retrasarlas [38]. Por eso es de crucial importancia el Proyecto Renata en su búsqueda de concienciar al público sobre la ERC y sus consecuencias, promoviendo la salud renal en las escuelas y generando un impacto en toda la sociedad.

De cara al futuro, este proyecto necesita de nuevas intervenciones escolares donde los docentes y los profesionales de enfermería estén en estrecha colaboración para influir en la educación en salud de niños, jóvenes y adultos, así como en las políticas sanitarias que beneficien a toda la sociedad. Es esencial darle a los niños y jóvenes las herramientas para evitar conductas que pongan en riesgo su salud, empoderarlos para la toma de decisiones saludables a lo largo de su vida, impactando en su entorno familiar, de amistad y social [39]. Los beneficiarios directos son alumnos de Educación Infantil y Primaria, así como su entorno social (profesores y familiares). De manera indirecta, se beneficia toda la comunidad.

CONCLUSIONES

El desarrollo de un programa educativo sobre salud renal en las escuelas mejora el nivel de conocimientos del alumnado y de su entorno familiar. La literatura infantil, combinada con actividades y juegos temáticos, facilita el aprendizaje de conocimientos y la adopción de hábitos saludables desde una edad temprana. De este modo, el alumnado se convierte en un agente de cambio social, promoviendo la formación en temas científico-sanitarios en su comunidad. Con todo ello, la puesta en marcha del Proyecto Renata y sus contenidos didácticos sobre salud renal en las escuelas impulsa la prevención y detección precoz de la epidemia silenciosa que supone la ERC. Además, involucra a los niños y jóvenes en los programas de salud pública a nivel nacional.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al revisor sus comentarios, que han mejorado significativamente la calidad y claridad de nuestro manuscrito. Además, agradecemos su entusiasta colaboración a todos los centros donde se ha realizado la actividad hasta el momento, a los estudiantes y a sus familias. Especialmente al CEIP Arco Iris y la tutora de la clase A de 5 años, Adriana, por participar en la primera intervención piloto que se realizó. A M^a del Mar, maestra de infantil y psicopedagoga, por su colaboración y asesoramiento en la adaptación del cuestionario a los niños y en el diseño de los recursos didácticos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MARTÍNEZ, J.P., GARCÍA, A.L., FUENTES, F.L. (2005) Insuficiencia renal crónica: revisión y tratamiento conservador. *Archivos de Medicina* 1 (3), 4.
- [2] STEVENS, P.E., LEVIN, A., Kidney Disease: Improving Global Outcomes Chronic Kidney Disease Guideline Development Work Group Members (2013) Evaluation and management of chronic kidney disease: synopsis of the kidney disease: improving global outcomes 2012 clinical practice guideline. *Ann. Intern. Med.* 158, 825-830. doi:10.7326/0003-4819-158-11-201306040-00007
- [3] JULIAN MAURO, J.C., MOLINUEVOTOBALINA, J.A., SÁNCHEZ GONZÁLEZ, J.C. (2012) Employment in the patient with chronic kidney disease related to renal replacement therapy. *Nefrología* 32, 439-445. doi:10.3265/Nefrología.pre2012.Apr.11366
- [4] AIRG-E; EKPf; ALCER; FRIAT; REDINREN; RICORS2040; SENEfro; SET; ONT. CKD (2022) The burden of disease invisible to research funders. *Nefrología (Engl Ed)*. 42, 65-84. doi:10.1016/j.nefro.2021.09.005
- [5] SEDEN.org [Internet]. Disponible en: La Enfermedad Renal Crónica (ERC) en España 2022. [En línea], disponible en: <https://www.seden.org/documentos/la-enfermedad-renal-cronica-erc-en-espana-2022> [Consultado el 24/08/2023].
- [6] STEWART-BROWN, S. (2006) *What is the evidence on school health promotion in improving health or preventing disease and, specifically, what is the effectiveness of the health promoting schools approach?* Copenhagen, World Health Organization, 26 pp.
- [7] WORLD HEALTH ORGANIZATION (2017) Shanghai declaration on promoting health in the 2030 Agenda for Sustainable Development. *Health Promot. Int.* 32, 7-8. doi:10.1093/heapro/daw103
- [8] OSPINA DUQUE, S. (2022) *Trabajamos los hábitos de vida saludable en educación infantil*. Universidad de Valladolid. Facultad de Educación de Palencia.
- [9] MARTIN, A., BOOTH, J.N., LAIRD, Y., SPROULE, J., REILLY, J.J., SAUNDERS, D.H. (2018) Physical activity, diet and other behavioural interventions for improving cognition and school achievement in children and adolescents with obesity or overweight. *Cochrane Database Syst. Rev.* 3, CD009728. doi:10.1002/14651858.CD009728.pub4
- [10] MOMPO BLAU, N. (2022) *¿Se puede prevenir la obesidad infantil? Evaluación de una intervención educativa dirigida a fomentar hábitos saludables*. Universidad de Valencia.
- [11] BANCA, R.O., NASCIMENTO, L.C. (2019) Placing the child into the center of self-care: reflections about cognitive development and health literacy in childhood. *Rev. Esc. Enferm. USP* 53, e03533. doi:10.1590/S1980-220X2019ed0303533
- [12] BIRCH, D.A. (2017) Improving schools, improving school health education, improving public health: the role of SOPHE members. *Health Educ. Behav.* 44, 839-844. doi:10.1177/1090198117736353
- [13] DE BUHR, E., TANNEN, A. (2020) Parental health literacy and health knowledge, behaviours and outcomes in children: a cross-sectional survey. *BMC Public Health* 20, 1096. doi:10.1186/s12889-020-08881-5

- [14] SANDERS, L.M., SHAW, J.S., GUEZ, G., BAUR, C., RUDD, R. (2009) Health literacy and child health promotion: implications for research, clinical care, and public policy. *Pediatrics* 124 Suppl 3, S306-S314. doi:10.1542/peds.2009-1162G
- [15] HAGELL, A., RIGBY, E., PERROW, F. (2015) Promoting health literacy in secondary schools: a review. *British Journal of School Nursing* 10, 82-87. doi:10.12968/bjsn.2015.10.2.82
- [16] ARENAS JIMÉNEZ, M.A. Renata, mi nefróloga. Madrid: Círculo Rojo; 2022. [consultado 18 ene. 2024]. Disponible en: <https://fundacionrenal.com/renata-mi-nefrologa-prevencion-de-la-enfermedad-renal-desde-la-infancia/01/12/>
- [17] FUNDACIÓN RENAL ÍÑIGO ÁLVAREZ DE TOLEDO (2022) Tú también nos puedes ayudar a prevenir la enfermedad renal desde la infancia con Renata mi nefróloga. Madrid: Fundación Renal Íñigo Álvarez de Toledo; [consultado 18 ene. 2024]. Disponible en: <https://fundacionrenal.com/renata-mi-nefrologa-prevencion-de-la-enfermedad-renal-desde-la-infancia/01/12/>
- [18] GAITÁN CASTRO, A.L., MOSQUERA COLLAZOS, J. (2016) Estado de las investigaciones sobre la relación entre la literatura infantil y el proceso docente-educativo. *Actualidades pedagógicas* 1(67), 135-172.
- [19] ALONSO, J.M.R., CANO, A.G., ZÁRATE, M.B., ROMERO, M.G. (2020) Didáctica a través de los cuentos en educación infantil: ¿por qué es importante el uso del cuento? Validación cupedosoc. *Brazilian Journal of Development* 6(12), 102285-102307.
- [20] LORENZO SELLARÉS, V.; LUIS RODRÍGUEZ, D. NefrologiaAIDia.org [consultado el 24 de agosto de 2023]. Enfermedad Renal Crónica. Disponible en: <https://www.nefrologiaaldia.org/es-articulo-enfermedad-renal-cronica-136>
- [21] RUIZ-BAÑULS, M., GÓMEZ-TRIGUEROS, I.M., ROVIRA-COLLADO, J., RICO-GÓMEZ, M.L. (2021) Gamification and transmedia in interdisciplinary contexts: A didactic intervention for the primary school classroom. *Heliyon* 7(6), e07374. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e07374
- [22] SÁNCHEZ CALVO, C. (2022) Yo me cuido: pedagogía del cuidado a través de la literatura en Educación Infantil. Universidad de Oviedo.
- [23] GORE, F.M., BLOEM, P.J., PATTON, G.C., FERGUSON, J., JOSEPH, V., COFFEY, C., SAWYER, S.M., MATHERS, C.D. (2011) Global burden of disease in young people aged 10-24 years: a systematic analysis. *Lancet* 377(9783), 2093-2102. Erratum in: *Lancet*. 2011 6; 378(9790):486.
- [24] WORLD HEALTH ORGANIZATION (2021) *Making every school a health-promoting school: global standards and indicators for health-promoting schools and systems*. Ginebra, World Health Organization and the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- [25] GALLEGU, J.L. (1994) *Educación Infantil*. Málaga, Aljibe.
- [26] OJEDA RAMÍREZ, M.D., GARCIA-MARCOS, S., MANSO DEL REAL, P., AUDIJE-GIL, J., ARENAS JIMÉNEZ, M.D. (2024) Renata, mi nefróloga, ¿puede la literatura infantil actuar como instrumento de sensibilización y prevención de la enfermedad renal? *Nefrología*, en prensa. doi:10.1016/j.nefro.2024.02.008
- [27] POMMIER, J., GUÉVEL, M.R., JOURDAN, D. (2011) A health promotion initiative in French primary schools based on teacher training and support: actionable evidence in context. *Glob Health Promot* 18(1), 34-38. doi:10.1177/1757975910393585
- [28] SIEBELINK, M.J., VERHAGEN, A.A.E., ROODBOL, P.F., ALBERS, M.J.I.J., VAN DE WIEL, H.B.M. (2017) Education on organ donation and transplantation in primary school; teachers' support and the first results of a teaching module. *PLoS One* 12(5), e0178128. doi:10.1371/journal.pone.0178128
- [29] BAY, J.L., VICKERS, M.H., MORA, H.A., SLOBODA, D.M., MORTON, S.M. (2017) Adolescents as agents of healthful change through scientific literacy development: A school-university partnership program in New Zealand. *Int. J. STEM Educ.* 4, 15. doi:10.1186/s40594-017-0077-0

- [30] ANCKER, J.S., GROSSMAN, L.V., BENDA, N.C. (2020) Health literacy 2030: is it time to redefine the term? *J. Gen. Intern. Med.* 35, 2427-2430. doi:10.1007/s11606-019-05472-y
- [31] VASSILIKOPOULOS, T., KALOKAIRINO, A., KOURLABA, G., GRAPSA, E. (2021) Evaluation of pupils' knowledge about kidney health. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18(23), 12811. doi:10.3390/ijerph182312811
- [32] SÁENZ MARTÍNEZ, S., PÉREZ LÓPEZ, F., MARTÍ-GARCÍA, C. (2019) Conocimiento sobre la enfermedad renal crónica en la población universitaria de Málaga. *Enferm. Nefrol.* 22(2), 186-193. doi:10.4321/S2254-28842019000200010
- [33] BURKE, M.T., KAPOJOS, J., SAMMARTINO, C., GRAY, N.A. (2014) Kidney disease health literacy among new patients referred to a nephrology outpatient clinic. *Intern. Med. J.* 44(11), 1080-1086. doi:10.1111/imj.12519
- [34] DEVRAJ, R., BORREGO, M., VILAY, A.M., GORDON, E.J., PAILDEN, J., HOROWITZ, B. (2015) Relationship between health literacy and kidney function. *Nephrology (Carlton)* 20(5), 360-367. doi:10.1111/nep.12425
- [35] GREEN, J.A., MOR, M.K., SHIELDS, A.M., SEVICK, M.A., ARNOLD, R.M., PALEVSKY, P.M., FINE, M.J., WEISBORD, S.D. (2013) Associations of health literacy with dialysis adherence and health resource utilization in patients receiving maintenance hemodialysis. *Am. J. Kidney Dis.* 62, 73-80. doi:10.1053/j.ajkd.2012.12.014
- [36] VAILLANCOURT, R., CAMERON, J.D. (2022) Health literacy for children and families. *Br. J. Clin. Pharmacol.* 88, 4328-4336. doi:10.1111/bcp.14948
- [37] CARRILLO-UCANAY, M. DEL R., RODRÍGUEZ-CRUZ, L.D., DÍAZ-MANCHAY, R.J., CERVERA-VALLEJOS, M.F., CONSTANTINO-FACUNDO, F. (2022) Prevención de la enfermedad renal crónica en adultos: una revisión bibliográfica. *Enferm. Nefrol.* 25(4), 310-317. doi:10.37551/52254-28842022031
- [38] WORLD HEALTH ORGANIZATION (2022) *Health literacy development for the prevention and control of noncommunicable diseases: Volume 1. Overview*. Ginebra, World Health Organization.
- [39] AULD, M.E., ALLEN, M.P., HAMPTON, C., MONTES, J.H., SHERRY, C., MICKALIDE, A.D., LOGAN, R.A., ALVARADO-LITTLE, W., PARSON, K. (2020) Health literacy and health education in schools: collaboration for action. *NAM Perspect.* 20, 1-13. doi:10.31478/202007b

VIAJE ALUCINANTE: UNA PROPUESTA INTERDISCIPLINAR CON LA QUE APRENDER DE FORMA CONTEXTUALIZADA CIENCIAS Y LENGUA

Virginia Pascual¹, Leticia Pérez² y Alicia Palacios¹

¹ Universidad Internacional de La Rioja. Logroño (España).

² IES Cinco Villas. Ejea de los Caballeros. Zaragoza (España).

Palabras clave: ciencia ficción; literatura; enseñanza secundaria; trabajo interdisciplinar.

Keywords: science fiction; literature; secondary education; interdisciplinary work.

Resumen

En este trabajo se presenta el uso de la literatura como recurso central para enseñar lengua y ciencia de manera integrada. En concreto, la literatura de ciencia ficción permite potenciar y facilitar el aprendizaje de conceptos de ciencia y de lengua, a la vez que se promueve la lectura comprensiva. Se presenta una propuesta interdisciplinar que utiliza el libro *Viaje alucinante* de Isaac Asimov como herramienta educativa para Lengua y Ciencias con alumnos de 3º de ESO. Se proponen pasajes concretos del libro para trabajar los aspectos lingüísticos, así como los aspectos científicos, integrando la enseñanza de estas dos materias.

Abstract

This study presents the use of literature as a central resource to teach language and science in an integrated way. Specifically, science fiction literature can enhance and facilitate the learning of science and language concepts, while promoting comprehensive reading. An interdisciplinary proposal is presented that uses Isaac Asimov's book "Fantastic Voyage" as an educational tool for Language and Science with students in 3rd year of ESO. Specific passages from the book are proposed to work on linguistic aspects as well as scientific aspects, integrating the teaching of these two subjects.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza compartimentada en materias estancas contribuye a que el alumnado no sea capaz de interconectar los aprendizajes, provocando que determinados contenidos, que se presuponen universales, como son los relacionados con el lenguaje y la comunicación, no sean utilizados con la misma destreza en las distintas asignaturas. Además, se le suma el hecho de que la manera en la que aprenden dichos contenidos en las asignaturas base, como puede ser Lengua, repercute sobre el aprendizaje que se puede dar en las asignaturas del ámbito científico, puesto que el lenguaje y la comunicación son esenciales para el trabajo científico y, por ende, para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias [1]. Ya que el lenguaje no solo es el instrumento por el cual se accede a las ideas científicas, enseñar ciencia también conlleva enseñar el género discursivo o a argumentar científicamente [2]. Asimismo, la enseñanza secundaria en general, y en particular la de la ciencia, tiene como objetivo el de formar ciudadanos que, ante diferentes retos, sean resolutivos de manera crítica y reflexiva, desarrollando las competencias del trabajo científico [3].

En este sentido, una tendencia que está cobrando cada día más importancia en la investigación educativa y a través de los cambios legislativos es la de integrar el conocimiento de diferentes materias, tendiendo hacia un aprendizaje interdisciplinar. Esto posibilita la conexión y contextualización de los aprendizajes, favorece la conexión entre las distintas competencias, y, en definitiva, permite la formación integral del estudiante. Sin embargo, la realidad de las aulas de secundaria está lejos de llegar a dicha integración [4-6]. En respuesta

a la necesidad expuesta por Arnal y Salinas [6] de trabajar en el diseño de propuestas integradoras que enriquezcan el aprendizaje de las materias, este trabajo plantea el interés de utilizar la literatura de ciencia ficción, como vehículo integrador de la enseñanza de conceptos de Lengua y de Biología.

LAS COMPETENCIAS LINGÜÍSTICAS Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Informes internacionales como PISA se ocupan de analizar la comprensión lectora de los estudiantes de enseñanza secundaria. En este sentido, en la última década se ha observado un cambio en qué leen los estudiantes y cómo lo hacen, debido, entre otras cosas, al auge de las nuevas tecnologías.

En la siguiente figura se observan los resultados de PISA 2018 comparados con los de PISA 2009 sobre los motivos y tipos de lectura en estudiantes de 15 años. Entre otras cuestiones, se pone de relevancia cómo leen menos por placer y más por necesidades prácticas personales [7], observándose una merma importante en la lectura de ficción respecto a otros medios [8].

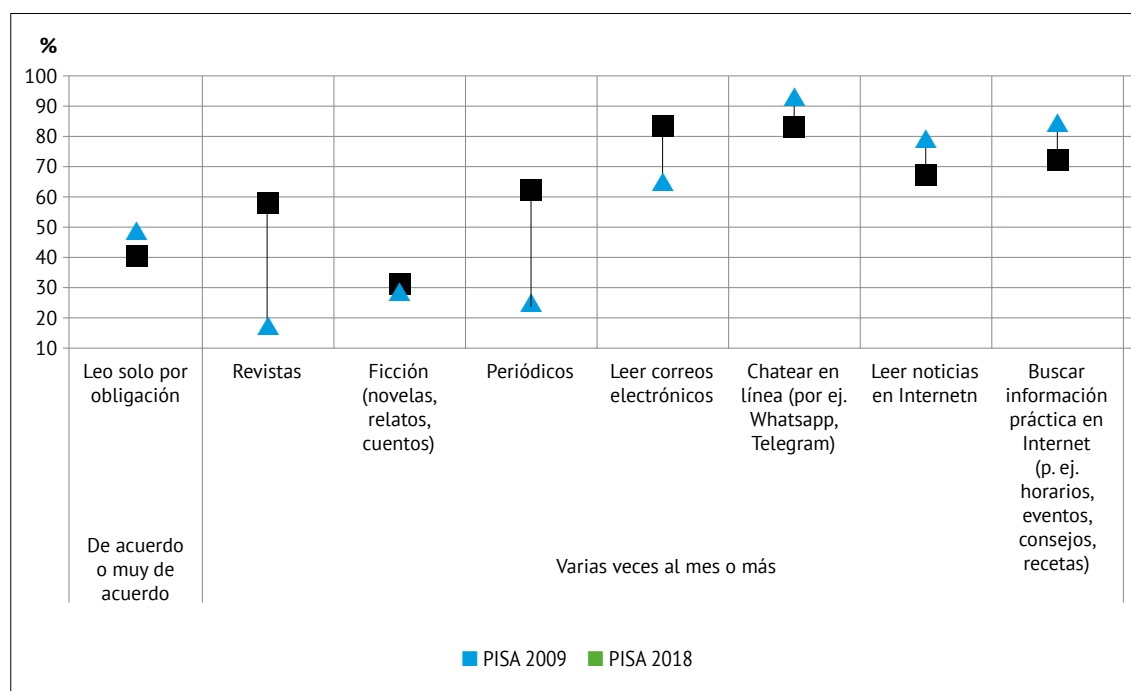


Figura 1. Motivos y tipos de lectura en alumnado de quince años [8].

Estos datos son preocupantes dado que hablar, escribir y leer son aspectos fundamentales para el aprendizaje, ya que nos permiten organizar y relacionar nuestros conocimientos [9].

La importancia del lenguaje en los procesos de aprendizaje es una temática común a todas las disciplinas; específicamente en el ámbito de las ciencias, está siendo ampliamente estudiada [10] ya que el lenguaje y la comunicación son inherentes al trabajo científico [1].

En el aula de ciencias, los estudiantes deben, por un lado, aprender y comprender los modelos científicos y sus tecnicismos, y por otro, ser capaces de explicar con sus propias palabras dichos modelos [11]. Ello a pesar de la creencia extendida del aprendizaje memorístico en ciencias, como afirma Jiménez Aleixandre [1] «dominar el lenguaje de las ciencias no es tanto recordar la definición de una palabra como ser capaz de aplicar el concepto a la interpretación de los fenómenos naturales» (p. 58). De hecho, los profesores de ciencias suelen solicitar a sus estudiantes que verbalicen explicaciones científicas, que sean capaces de comunicarse y trabajar en grupo utilizando un léxico académico, así como de formular hipótesis y preguntas sobre cualquier temática científica. Todas estas cuestiones llevan implícito un carácter lingüístico, aunque en muchas ocasiones el profesor no es consciente de ello. En este sentido, queda patente la importancia del lenguaje, ya que un alumno con una competencia lingüística más desarrollada tendrá más facilidad para realizar estas tareas [2]. Incluso cuando un profesor de ciencias diseña los objetivos de aprendizaje,

todos ellos suelen comenzar con verbos que implican competencias lingüísticas, tales como: explicar; narrar; argumentar; etc.

Por lo tanto el lenguaje, en lo que se refiere al aprendizaje de las ciencias, tiene la dualidad de ser un objetivo a la par que un medio para el aprendizaje [2].

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS A TRAVÉS DE LA LITERATURA DE CIENCIA FICCIÓN

La enseñanza de las ciencias se enfrenta a diferentes desafíos causados por la complejidad de los conceptos y el desinterés y desmotivación del alumnado. Esto plantea la necesidad de utilizar recursos alternativos, como la literatura, que a través de la narrativa permiten despertar el interés por la ciencia. La narrativa como forma de enseñanza se usa desde la edad antigua, donde las historias permitían acercar la ciencia a la sociedad. A través de la narrativa, la literatura utiliza la creatividad y la necesidad del ser humano de contar y escuchar historias para captar la atención del alumnado por el aprendizaje de las ciencias, generar procesos de reflexión en torno a conceptos científicos, simplificar ideas científicas y proporcionar metáforas que ejemplifiquen procesos de la ciencia, facilitando así su comprensión [12]. Además, no debemos perder de vista que la literatura en sí misma aporta una contextualización de la ciencia, permitiendo un abordaje interdisciplinar de su enseñanza [13].

En concreto, este trabajo se centra en el género literario de la ciencia ficción por su perfil estimulante para los estudiantes de Educación Secundaria. El propio Isaac Asimov publicó en 1968 un artículo sobre la literatura de ciencia ficción como herramienta de enseñanza, aportando que esta trata cuestiones científicas de forma original e interesante [14]. Las ideas que se transmiten son ficticias y, por ello, en muchas ocasiones violan leyes de la ciencia. Esto permite que la discusión en torno al texto no solo pueda producirse en relación con las ideas del libro sino también respecto a las ideas de ciencia que ejemplifican o alteran. Además de esto, una cuestión importante del uso de la literatura de ciencia ficción es que puede aumentar el interés por la ciencia, contextualizándola y ofreciendo una perspectiva más humana y cercana de la ciencia y de los científicos [15]. Gracias a su poder de atracción, la literatura de ciencia ficción puede ser un recurso útil para paliar la desmotivación de los estudiantes y el analfabetismo científico de la sociedad [16].

Objetivo del trabajo

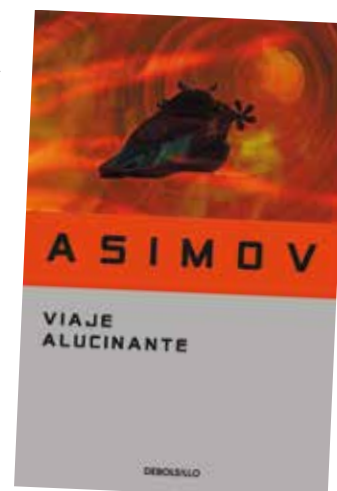
El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta interdisciplinar para alumnos de 3º de ESO, que se trabaje desde las materias de Lengua y Ciencias, utilizando el libro *Viaje alucinante* de Isaac Asimov como herramienta educativa de base.

Con el diseño de esta propuesta didáctica se pretende potenciar el aprendizaje contextualizado de Lengua y Ciencias, así como desarrollar las competencias lingüísticas y científicas del estudiante, a la vez que se trabaja el fomento de la lectura.

VIAJE ALUCINANTE COMO RECURSO DIDÁCTICO

Viaje Alucinante es una novela perteneciente al género de ciencia ficción, escrita en 1966 por Isaac Asimov. La historia del libro se sitúa en plena guerra fría. Un científico soviético deserta a los Estados Unidos, pero en la fuga sufre un intento de asesinato, tras el que queda en coma. No es posible operarlo, por lo que deciden utilizar por primera vez la técnica de la miniaturización para conseguir salvar la vida del importante científico. Para ello, un agente de la CIA, un piloto, dos científicos y una asistente de cirugía se introducen en el submarino Proteus. Estos son reducidos al tamaño de una bacteria e inoculados en el torrente sanguíneo. Ahí comienza un alucinante viaje por el interior del cuerpo humano en el que el lector tiene la oportunidad de descubrir los secretos de la biología del cuerpo humano.

Figura 2. Portada del libro *Viaje alucinante*, de Isaac Asimov.



Desde el punto de vista de la enseñanza de las ciencias, este libro aporta una descripción detallada de la anatomía y fisiología humanas, desde una perspectiva original y creativa. En su desarrollo, la narrativa del libro plantea la ciencia desde una perspectiva divulgativa, ya que algunos integrantes del equipo necesitan explicar determinados conceptos científicos a sus compañeros expertos en otras áreas. Esto hace que se plantee como un recurso muy accesible para los alumnos de 3º de ESO. Además, las temáticas relacionadas con el cuerpo humano son las que se abordan en la asignatura de Biología y Geología de 3º de ESO. El uso de este libro en el aula como recurso permite también trabajar aspectos relacionados con la ciencia en contexto, pensamiento crítico, objetivos de desarrollo sostenible, así como desarrollar la competencia científica.

Desde la perspectiva de la enseñanza de Lengua y Literatura, es interesante comentar que este libro pertenece al género narrativo de ciencia ficción; además de que los alumnos aprendan sus principales características, como son la inserción de discursos científicos y tecnológicos, permite la incorporación de elementos extraños o irreales, pero que son posibles desde un enfoque científico especulativo, e indaga en los sueños de los seres humanos que la ciencia intenta hacer realidad, y que a veces consigue. Sirve para introducir al alumnado en la tipología textual expositiva, la cual se tiene que trabajar en el bloque de comunicación de 3.º de ESO según indica la LOMLOE.

Este tipo de texto a menudo se entremezcla con otros discursos: la narración, la descripción, el diálogo o la argumentación. Por esa razón, es relevante trabajar con esta novela, dado que se encuentran insertos en ella. Destacan los fragmentos dialogados: las conversaciones entre los personajes ofrecen explicaciones científicas y tecnológicas (textos expositivos). Cumplen las dos finalidades o intenciones comunicativas de una exposición; por un lado, se informa a un receptor sobre cuestiones científicas y, por otro, se explican aquellos términos que, en ocasiones, resultan complejos a los alumnos y alumnas, haciéndose con rigor, sencillez, objetividad y claridad. Gracias a este carácter didáctico a modo de historia de intriga y suspense el alumnado comprende las cuestiones de manera amena. Se pretende que el alumnado analice este tipo de textos a través del comentario de texto, teniendo en cuenta la comprensión lectora, el análisis y la justificación de las diferentes características lingüísticas y comunicativas de cada tipología textual, así como la reflexión de la lengua. En este sentido, la actividad que se propone a continuación trabaja con todos los bloques de la asignatura de Lengua Castellana y Literatura.

PROPUESTA DIDÁCTICA

La propuesta didáctica se centra en el desarrollo de un proyecto interdisciplinar entre las asignaturas de Lengua y Literatura, y Biología y Geología, ambas de 3º de ESO, donde el recurso central es el libro *Viaje Alucinante*. El producto final del proyecto es la celebración de un concurso literario de relato corto de ciencia ficción, en el cual los participantes tendrán que hacer gala de sus conocimientos científicos y sus habilidades lingüísticas.

En la asignatura de Biología y Geología de 3º de ESO se utilizará el libro de Asimov como recurso principal durante los dos primeros trimestres. En ellos, la lectura del libro será obligatoria, y se trabajará de manera continuada con él en clase. Se desarrollarán diferentes actividades de comprensión lectora, análisis crítico, de extrapolación y aplicación de los contenidos a otros contextos, así como de investigación.

Centrándonos en el capítulo 14 del libro, donde se puede leer que “Proteus” viaja a través de la linfa y va experimentando las reacciones que producen agentes externos, como las bacterias, en nuestro cuerpo, un ejemplo de secuencia de actividades que se trabajaría desde el área de Lengua sería:

1. Tema.

2. Resume el contenido de este fragmento. **Señale** las **palabras clave**.

3. La influencia griega y latina está presente en gran parte del léxico de la lengua española. **Busque** en el diccionario la **etimología** y la **acepción** acorde al contexto del fragmento: *átomo*, *bacteria*, *mosaico*, *célula* y *molécula*.

Responda a las siguientes cuestiones:

- ¿De dónde provienen la mayoría de las palabras?
- Escriba dos palabras de la familia léxica de *átomo*. (atómico, atomismo, subatómico, atomización). De *célula* (celuloide, celular, intercelular, pluricelular, unicelular).

Por ejemplo:

Apéndice. Del lat. atōmus, y este del gr. ἄτομον átomon, n. de ἄτομος átomos 'que no se puede cortar', 'indivisible'.

Entrada de Física y Química. Partícula indivisible por métodos químicos, formada por un núcleo rodeado de electrones.

4. Analice morfológicamente las siguientes palabras y, además, indique su formación:

- a) Pluricelular:
- b) Atomización:

5. Este fragmento pertenece al libro *Viaje extraordinario* de Isaac Asimov. **Identifique los rasgos literarios** que presenta el mismo.

6. En el segundo párrafo, la pregunta de Grant sirve como pretexto para explicar cómo actúan los anticuerpos y cómo son las bacterias. **Explique los rasgos lingüísticos** característicos de la **exposición**.

7. Indique la **función sintáctica** de las palabras **subrayadas**:

- a) Cada bacteria tiene una pared celular distintiva.
- b) Se produce este estímulo.
- c) Algunos de los anticuerpos parecen indiferentes.

En la **figura 3** se muestra un ejemplo de análisis realizado en clase de Lengua para un fragmento del capítulo 14.

Un ejemplo de enunciado de actividad propuesta para la clase de Biología para este mismo capítulo sería el que se muestra en la **figura 4**. A partir de él se pueden trabajar conceptos relacionados con la reacción específica antígeno-anticuerpo y el funcionamiento de las vacunas, así como desarrollar el pensamiento crítico y las competencias lingüísticas mediante refutación de *fake news*. Esta actividad se puede utilizar para trabajar la extrapolación y aplicación de contenidos a otros contextos de la realidad cotidiana.

Figura 3. Extracto de *Viaje Alucinante*, capítulo 14, página 181.

El análisis lingüístico del extracto de *Viaje Alucinante* (capítulo 14, página 181) se presenta en la siguiente imagen:

- Metáfora:** Señala la comparación de un diminuto anticuerpo con un "perdigón" y de unos apéndices con "menudo puñado de spaghetti".
- Simil:** Señala la comparación de la pared celular bacteriana con un "mosaico".
- Negrita: palabras clave:** Señala palabras como "bacteria", "pared celular", "distintiva", "constituida", "agrupaciones atómicas específicas", "lisas", "uniformes", "moleculas", "bacteriana", "mosaico", "distinto", "facultad", "ajustarse", "perfectamente", "momento", "han cubierto", "puntos clave", "pared", "célula bacteriana", "muere", "como si le tapásemos", "hombre", "boca", "nariz", "ahogarlo".
- Tecnicismos subrayados:** Señala términos científicos como "pared celular", "agrupaciones atómicas específicas", "moleculas", "bacteriana", "mosaico", "facultad", "ajustarse", "perfectamente", "momento", "han cubierto", "puntos clave", "pared", "célula bacteriana", "muere", "como si le tapásemos", "hombre", "boca", "nariz", "ahogarlo".
- Rojo: adjetivos especificativos:** Señala adjetivos como "distintiva", "constituida", "agrupaciones atómicas específicas", "lisas", "uniformes", "moleculas", "bacteriana", "mosaico", "distinto", "facultad", "ajustarse", "perfectamente", "momento", "han cubierto", "puntos clave", "pared", "célula bacteriana", "muere", "como si le tapásemos", "hombre", "boca", "nariz", "ahogarlo".
- Simil:** Señala la comparación de la pared celular bacteriana con un "mosaico".
- Diálogo en estilo directo:** Señala las frases de Grant y Michaelis.

Extracto *Viaje Alucinante*, Capítulo 14 página 181

Tras haber leído en el capítulo 14 sobre los anticuerpos y la muerte bacteriana:

Nos hemos trasladado al s XXI, y como eres un reputado científico y divulgador, desde Naciones Unidas te han llamado para participar en una convención sobre el SARS-CoV-2. Es una convención especial, porque el público asistente es muy diverso, no necesariamente proceden del mundo científico, por lo que tu intervención tiene que ser divulgativa pero sin perder el rigor.

Entonces: ¿cómo explicarías que durante los primeros meses de la Pandemia de la COVID-19, muriera tanta gente?

¿Por qué con el descubrimiento de las distintas vacunas frente al SARS-CoV-2 el número de muertes descendió de manera drástica?

Durante el periodo que duró la pandemia, se publicaron numerosos artículos, y cobraron especial interés entre parte de la población aquellos destinados a las vacunas. ¿Podrías encontrar alguno de los artículos denominados *Fakes News* y desmontarlo científicamente hablando?

Para finalizar, sería interesante que realices una argumentación empleando razonamientos de refutación (contrarios) a los movimientos antivacunas.

Figura 4. Enunciado de una actividad para trabajar del libro *Viaje Alucinante*.

CONCLUSIONES

La literatura de ciencia ficción permite trabajar de forma integrada la enseñanza de las ciencias y las competencias lingüísticas a la vez favorece el interés del alumnado por las ciencias y ayuda al fomento de la lectura comprensiva. La propuesta que se presenta en este trabajo muestra un ejemplo práctico de cómo se puede aplicar al aula un proyecto interdisciplinar. Es interesante destacar que, para el éxito de este tipo de proyectos, es indispensable la colaboración entre el profesorado de las distintas asignaturas.

REFERENCIAS

- [1] JIMÉNEZ ALEIXANDRE, A. (2010) Comunicación y lenguaje en la clase de ciencias. En: Jiménez (coord.) *Enseñar Ciencias*. Barcelona: Graò.
- [2] DOMÈNECH CASAL, J. (2023) *Mueve la lengua, que el cerebro te seguirá*. Barcelona: Graò.
- [3] PALACIOS, A., PASCUAL, V., MORENO, D. (2021) Wall-E: Ciencia en contexto para formar docentes. *Educación Química* 32, 96-108.
- [4] TORRES, J. (2001) *Globalización e interdisciplinariedad: el currículum integrado*. Madrid: Editorial Morata.
- [5] MORIN, E. (2006) *La mente bien ordenada: repensar la reforma, reformar el pensamiento*. Barcelona: Seix Barral.
- [6] ARNAL, C.M.Z., SALINAS, J.R. (2017) La interdisciplinariedad en el aula de educación secundaria: Una investigación a través de la opinión del profesorado de las áreas de música, lengua castellana y literatura, y ciencias sociales. *European Scientific Journal* 13(19), 281. doi:10.19044/esj.2017.v13n19p281
- [7] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESAROLLO ECONÓMICOS (2019) PISA 2018 *Assessment and Analytical Framework*. OECD Publishing. doi:10.1787/b25efab8-en
- [8] MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN PROFESIONAL (2019) Informe PISA 2018. *Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe español (Versión preliminar)*. Secretaría General Técnica. https://www.observatoriodelainfancia.es/ficherosoia/documentos/5943_d_InformePISA2018-Espana1.pdf
- [9] MARTÍN-DÍAZ, M.J. (2013) Hablar ciencia: si no lo puedo explicar, no lo entiendo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10, 291-306.
- [10] REVEL CHION A., ADÚRIZ-BRAVO, A. (2014) La argumentación científica escolar: Contribuciones a una alfabetización de calidad. *Revista Pensamiento Americano* 7(13), 113-122.
- [11] MÁRQUEZ-BARGALLÓ, C. (2005) Aprender ciencias a través del lenguaje. *Educación* 27-38.
- [12] NEGRETE, A. (2002) Science via narratives communicating science through literary forms *Ludus vitalis* 10, 197-204.
- [13] CHAPELA, A. (2014) Entre ficción y ciencia: El uso de la narrativa en la enseñanza de la ciencia. *Educación Química* 25, 2-6.
- [14] ASIMOV, I. (1968) Try science fiction as a teaching aid. *Phys. Teach.* 6, 416.
- [15] BIXLER, A. (2007) Teaching evolution with the aid of science fiction. *The American Biology Teacher* 69, 337-340.
- [16] PALACIOS, S.L. (2007) El cine y la literatura de ciencia ficción como herramientas didácticas en la enseñanza de la física: una experiencia en el aula. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* 4, 106-122.

**Actividad
docente
desarrollada
fuera del aula**

APRENDIENDO SOBRE POLÍMEROS EN LAS DISTINTAS ETAPAS EDUCATIVAS

Victoria Alcázar Montero, Gabriel Pinto Cañón

E.T.S. de Ingenieros Industriales, Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Química, Universidad Politécnica de Madrid (UPM). maria victoria.alcazar@upm.es, gabriel.pinto@upm.es

Palabras clave: competencia STEM; educación secundaria; plásticos; polímeros.

Keywords: STEM competence; secondary education; plastics; polymers.

Resumen

En este trabajo se realiza un análisis sobre cómo se introducen los polímeros a los estudiantes de educación secundaria, tomando como punto de partida la actual normativa (LOMLOE) y los currículos de las diferentes materias. Hoy en día, los polímeros, tanto naturales como sintéticos, están presentes en todos los ámbitos de nuestra vida y su impacto en la sociedad es innegable. En este contexto, se debe intentar que los estudiantes de secundaria adquieran, al final de esta etapa educativa, unas nociones básicas y correctas sobre los polímeros, en general, y los plásticos, en particular.

Abstract

This paper presents an analysis of how polymers are introduced to secondary education students, taking as a starting point the current regulations (LOMLOE) and the curricula of various subjects. Nowadays, both natural and synthetic polymers are present in all areas of our lives, and their impact on society is undeniable. In this context, secondary school students should acquire, by the end of this educational stage, basic and correct notions about polymers in general and plastics in particular.

INTRODUCCIÓN

En el año 2020 se conmemoró el centenario del nacimiento de la ciencia de los polímeros, al cumplirse 100 años de la publicación *Über Polymerisation* (Sobre Polimerización) de Hermann Staudinger [1] en la que, por primera vez, se propuso la existencia de macromoléculas (polímeros): moléculas de elevada masa molecular formadas por la unión, mediante enlaces covalentes, de unidades estructurales repetitivas de menor tamaño [2]. El crecimiento que ha experimentado la ciencia de polímeros desde su inicio es espectacular y, en la actualidad, los polímeros son materiales omnipresentes en todos los ámbitos de nuestra vida [3]. Sus aplicaciones, en multitud de sectores, como la agricultura, la medicina, la construcción, el transporte o la electrónica, entre otros [4], hacen difícil imaginar un mundo sin plásticos.

Desde el punto de vista científico, los avances en el campo de los polímeros han sido reconocidos hasta la fecha con siete premios Nobel [5], como se recoge en la **tabla 1**, de los que seis corresponden al área de química y uno (de Gennes) al área de física.

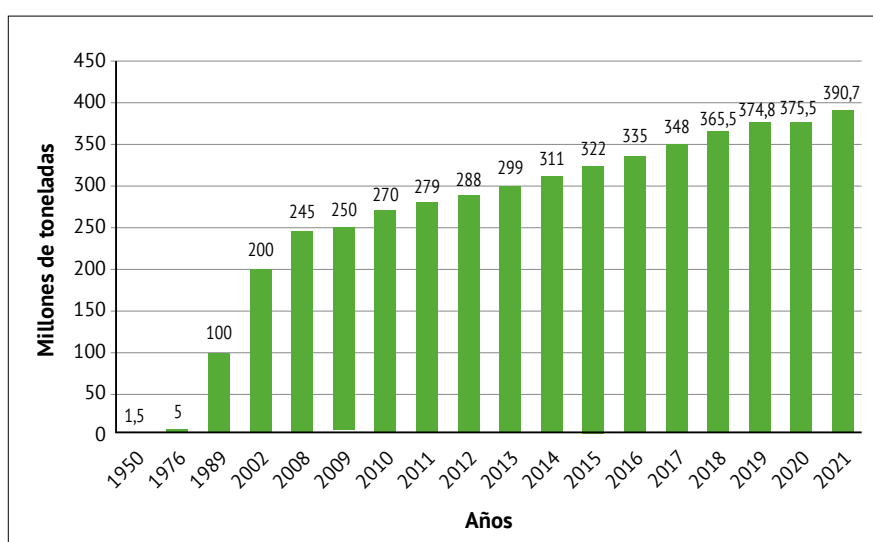
Además, la producción global de plásticos (figura 1) ha crecido vertiginosamente desde 1,5 millones de toneladas en el año 1950 a más de 390 millones en el año 2021 [6]. En Europa, hay más de 53000 empresas relacionadas con el sector; que emplean a más de 1,5 millones de trabajadores [7]. Sin embargo, su uso generalizado ha desencadenado problemas de índole ambiental: casi 26 millones de toneladas de residuos plásticos se generan en Europa cada año, contribuyendo en gran medida a la contaminación del mar (alrededor de un 80% de la basura marina es de plástico) [8]. Así, mientras que la sociedad actual demanda de manera continuada el desarrollo de materiales con propiedades mejoradas capaces de responder a nuevos retos, estrategias como la Agenda 2030 [9] establecen la sustitución progresiva de las materias primas de origen fósil y el avance hacia un modelo de economía circular.

Tabla I. Premios Nobel en el campo de la ciencia supramolecular. Adaptada de [5].

Año	Ganador(es)	Trabajo
1953	Staudinger	"Por los descubrimientos en el campo de la <i>química macromolecular</i> "
1963	Ziegler, Natta	"Por los descubrimientos en el campo de la química y la tecnología de polímeros (polimerización por coordinación)"
1974	Flory	"Por su trabajo fundamental, tanto teórico como experimental, en la química-física de las macromoléculas"
1991	de Gennes	"Por descubrir que métodos desarrollados para estudiar el orden en sistemas sencillos, pueden generalizarse para formas más complejas de materia, en particular para polímeros"
2000	Heeger, MacDiarmid, Shirakawa	"Por el descubrimiento y desarrollo de los polímeros conductores"
2002	Fenn, Tanaka, Wüthrich	"Por el desarrollo de métodos para la identificación y el análisis estructural de macromoléculas... por el desarrollo de los métodos de espectrometría de masas de macromoléculas"
2005	Fenn, Tanaka, Wüthrich	"Por el desarrollo de la metátesis en síntesis orgánica (en particular en polimerización)"

En este contexto, se debe intentar que los estudiantes de secundaria adquieran, al final de la etapa educativa, unas nociones básicas y correctas sobre los polímeros, en general, y los plásticos, en particular. La formación, en este sentido, puede despertar su interés por cursar estudios superiores STEM; descubrir nuevas oportunidades de empleo relacionadas con el sector; contribuir a la sostenibilidad; tomar decisiones responsables relacionadas con el uso y consumo de materiales poliméricos o, simplemente, ayudar a descartar concepciones erróneas ampliamente extendidas en la sociedad.

Para ello, en este trabajo analizamos, en primer lugar, la aproximación al estudio de los polímeros que se realiza durante la educación secundaria, analizando los currículos de las diferentes materias según la normativa vigente. Y, en segundo lugar, se proponen algunas estrategias didácticas orientadas a facilitar su aprendizaje.

**Figura I.** Evolución de la producción mundial de plásticos 1950-2021. Adaptado de [6].

ANÁLISIS Y RESULTADOS

La normativa vigente en el ámbito educativo en niveles de enseñanza no universitaria es la LOMLOE [10], que introduce, entre otros cambios, un currículo más dirigido al desarrollo de las competencias. Una de las ocho competencias clave es la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM) en la Educación Secundaria Obligatoria [11] y Bachillerato [12]. El estudio de los polímeros ofrece una excelente oportunidad para el enfoque STEM, contribuyendo a una formación inicial de los estudiantes en este campo, que resulta esencial dada la relevancia, el impacto y amplitud de las aplicaciones de los polímeros en numerosos aspectos de la vida diaria, desde usos más habituales (automoción, construcción, envases, tejidos...) a otros más especializados en medicina, electrónica o energía.

Para analizar si el estudio de los polímeros forma parte de los currículos de las diferentes materias, se ha realizado una búsqueda con los términos *polímero*, *macromolécula* y *plástico*, lo que nos permite explorar, en solo unos instantes, la totalidad de los contenidos, enunciados en forma de saberes básicos. A continuación, se presentan los resultados de este análisis, organizados por etapas educativas y materias. Un resumen de los mismos se recoge en la **tabla 2**.

Educación Secundaria Obligatoria

Una búsqueda de los términos *polímero*, *macromolécula* y *plástico* no conduce a ningún resultado positivo en las materias Física y Química o Biología y Geología, en ninguno de los cuatro cursos de la Educación Secundaria Obligatoria [11].

Ciclos Formativos de Grado Básico

Mientras que los términos *polímero* y *macromolécula* no figuran en el currículo de los ciclos formativos de grado básico, el término “*residuos plásticos*” se incluye en el ámbito de las Ciencias Aplicadas [11] y, concretamente, en el apartado de la competencia específica número 4:

*“La actividad humana ha producido importantes alteraciones en el entorno con un ritmo de avance sin precedentes en la historia de la Tierra. Algunas de estas alteraciones, como el aumento de la temperatura media terrestre, la acumulación de **residuos plásticos** o la disminución de la disponibilidad de agua potable, podrían poner en grave peligro algunas actividades humanas esenciales, entre las que destaca la producción de alimentos.”*

Como se observa por el contexto, la connotación es negativa, el término plástico aparece como “*residuos plásticos*”.

Bachillerato

Una búsqueda por el término *polímero* ofrece cinco resultados, como se detalla a continuación [12]:

- 1 resultado en la materia Física y Química de 1º de Bachillerato, en la presentación de los bloques de saberes básicos de la asignatura:

Tabla 2. Resultados de la búsqueda de los términos *polímero*, *macromolécula* y *plástico* en los currículos LOMLOE.

Etapas Educativas	Materia	Término de búsqueda (resultados)	Connotación	
			Positiva	Negativa
Educación Secundaria Obligatoria	Física y Química Biología y Geología	Polímero (0) Plástico (0) Macromolécula (0)		
Ciclo Formativo de Grado Básico	Ciencias Aplicadas	Plástico (1)		✓
Bachillerato (1º)	Física y Química	Polímero (1)	✓	
Bachillerato (1º)	Biología, Geología y Ciencias Ambientales	Plástico (1)		✓
Bachillerato (2º)	Química	Polímeros (4)	✓	
Bachillerato (2º)	Química	Plástico (1)	✓	
Bachillerato (2º)	Biología	Polímero (0) Plástico (0) Macromolécula (0)		

*“Los saberes básicos propios de Química terminan con el bloque sobre química orgánica, que se introdujo en el último curso de la Educación Secundaria Obligatoria, y que se presenta en esta etapa con una mayor profundidad incluyendo las propiedades generales de los compuestos del carbono y su nomenclatura. Esto preparará a los estudiantes para afrontar en el curso siguiente cómo es la estructura y reactividad de los mismos, algo de evidente importancia en muchos ámbitos de nuestra sociedad actual como, por ejemplo, la síntesis de fármacos y de **polímeros**.”*

- 4 resultados en la materia Química de 2º de Bachillerato, en la introducción a los bloques de saberes básicos y en el desarrollo del bloque C, Química orgánica:

*“Por último, el tercer bloque abarca el amplio campo de la química en el que se describen a fondo la estructura y la reactividad de los compuestos orgánicos. Por su gran relevancia en la sociedad actual, la química del carbono es indicativa del progreso de una civilización, de ahí la importancia de estudiar en esta etapa cómo son los compuestos orgánicos y cómo reaccionan, para aplicarlo en **polímeros** y **plásticos**.”*

“3. **Polímeros.**

- Proceso de formación de los polímeros a partir de sus correspondientes monómeros. Estructura y propiedades.
- Clasificación de los polímeros según su naturaleza, estructura y composición. Aplicaciones, propiedades y riesgos medioambientales asociados.”

En este caso, la aproximación que se realiza en 1º de Bachillerato es muy favorable, ligando la síntesis de polímeros a la de fármacos, e incidiendo en la importancia de los mismos para la sociedad. En 2º de Bachillerato se refuerza la connotación positiva, ya que se vincula el progreso al desarrollo de la química de los compuestos orgánicos y su aplicación a la síntesis de polímeros y plásticos, pasando a detallar los contenidos objeto de estudio.

Cuando se realiza la búsqueda utilizando el término *plástico* aparecen dos resultados:

- I resultado en la materia Biología, Geología y Ciencias Ambientales, concretamente en el bloque B de saberes básicos, Ecología y sostenibilidad:

“El problema de los residuos. Los compuestos xenobióticos: los plásticos y sus efectos sobre la naturaleza y sobre la salud humana y de otros seres vivos. La prevención y gestión adecuada de los residuos.”

- I resultado en la materia Química de 2º de Bachillerato, en el mismo párrafo de introducción a los bloques de saberes básicos, ya comentado anteriormente, por aparecer junto al término *polímero*:

*“Por último, el tercer bloque abarca el amplio campo de la química en el que se describen a fondo la estructura y la reactividad de los compuestos orgánicos. Por su gran relevancia en la sociedad actual, la química del carbono es indicativa del progreso de una civilización, de ahí la importancia de estudiar en esta etapa cómo son los compuestos orgánicos y cómo reaccionan, para aplicarlo en **polímeros** y **plásticos**.”*

En la materia Biología, Geología y Ciencias Ambientales, el término plástico se asimila a residuo, por lo que el sentido es francamente negativo.

Finalmente, comentar que la búsqueda por el término *macromolécula* no conduce a ningún resultado, aunque curiosamente en la materia Biología de 2º de Bachillerato, al introducir las biomoléculas en el bloque A (primer bloque de saberes básicos), aparecen las palabras monosacárido, disacárido y polisacárido, estrechamente relacionadas con los términos monómero y polímero, que en la asignatura Química de 2º de Bachillerato se estudiarán en el último bloque de contenidos.

Es evidente que durante los estudios preuniversitarios la mayoría de los estudiantes, a excepción de los que cursan el Bachillerato de la modalidad de Ciencias y Tecnología, no recibe ninguna formación sobre polímeros o plásticos. Resulta particularmente desalentador el hecho de que la materia específica, Ciencias Generales, de la nueva modalidad de Bachillerato introducida en la LOMLOE, la modalidad General, no trate en sus saberes básicos contenidos de polímeros o plásticos, cuando en el BOE [12] se afirma que,

“En definitiva, el currículo de Ciencias Generales no solo pretende concienciar sobre la importancia de las ciencias, e incentivar vocaciones científicas y formadores científicos que tengan un criterio propio y fundamentado para la difusión de ideas por encima de afirmaciones pseudocientíficas y engañosas, sino que proporcionará al alumnado que desee explorar otros campos profesionales no vinculados directamente con las ciencias, conocimientos y aprendizajes propios de las ciencias que permitan un enfoque riguroso y certero en su labor profesional.”

La situación actual, al amparo de la LOMLOE, no soluciona las carencias, detectadas ya hace tiempo, por docentes de secundaria: en 2015, Ángel Serrano-Aroca y Joan Josep Solaz-Portolés [13], a través de entrevistas a profesores y análisis de libros de texto, concluyeron que, en gran medida, el bajo conocimiento de los estudiantes españoles sobre polímeros se debe a su escasa presencia en el currículo, al tiempo insuficiente dedicado a su estudio y a la falta de contenido en los libros de texto.

PROPUESTAS

No obstante la situación descrita, cien años después del nacimiento de la ciencia de polímeros, deben abordarse nuevos retos, no solo a nivel de ciencia fundamental (métodos de síntesis o materiales con nuevas propiedades y funcionalidades) sino también en aspectos de sostenibilidad y reciclado [14]. Así, por ejemplo, la elevada durabilidad de muchos plásticos y la acumulación de los mismos han estimulado la búsqueda de polímeros capaces de ser durables, pero degradables cuando sea necesario, mediante la activación de un mecanismo de autodestrucción incorporado [15]. Parece evidente que la solución a los retos actuales y futuros vendrá de la mano de expertos en el campo de los polímeros, capaces de trabajar en entornos multidisciplinares; la formación de estos expertos pasa por despertar vocaciones científicas en la etapa de secundaria.

Además, los polímeros constituyen un ejemplo excelente de educación STEM, que puede y debe contribuir no solamente a incentivar las vocaciones científicas sino también a la formación del alumnado como consumidores responsables con criterio propio.

A continuación, en la segunda parte de este trabajo, se presentan diversas estrategias ya implementadas con éxito en distintos escenarios, para introducir a los estudiantes en aspectos básicos de los polímeros, algunas de sus aplicaciones y temas de reciclado y sostenibilidad. En general, se trata de experiencias de tipo práctico, que suelen resultar muy motivadoras.

Interacción entre estudiantes de secundaria y estudiantes universitarios de ciencia de polímeros

Este artículo del *Journal of Chemical Education* [16] desarrolla una iniciativa en la que estudiantes universitarios voluntarios realizan un taller con estudiantes de secundaria, que incluye diferentes actividades prácticas relacionadas con la ciencia de polímeros y la ingeniería: propiedades de los materiales, reciclado, procesado, polímeros hidrofílicos... De esta manera, se consigue un doble objetivo: hacer que los polímeros sean comprensibles para los estudiantes de secundaria y enseñar a la próxima generación de educadores en ciencia de polímeros cómo comunicarse efectivamente. Las prácticas se pueden realizar tanto en los centros de secundaria como en los laboratorios universitarios, ya que no se requieren materiales ni equipos sofisticados (figura 2).



Figura 2. Reacción de entrecruzamiento de poli (vinil alcohol), PVA, con bórax de cáncer familiar.

Talleres. Ferias de Ciencia

Desde el año 2017 la Universidad de Michigan desarrolla un campamento de verano de dos semanas para estudiantes de secundaria, enfocado a polímeros sostenibles [17]. La incorporación de conceptos de sostenibilidad en los currículos adquiere especial importancia en el campo de los polímeros, dado el problema generado por los residuos plásticos; además, el hecho de que los materiales poliméricos sean tan ubicuos facilita

relacionar el aprendizaje de los estudiantes con experiencias de su vida diaria.

Una de las etapas clave en el reciclado de plásticos es la separación de los residuos según la naturaleza del material polimérico. Así, una de las experiencias que se propone es la separación por flotación, que consiste en separar e identificar los diferentes residuos plásticos según su densidad. La densidad es quizá una de las propiedades con las que los estudiantes se encuentran más familiarizados y también es bien conocida la flotación de los cuerpos relacionada con la densidad del cuerpo y el fluido en el que se sumerge. Utilizando mezclas líquidas de densidades diferentes (agua, etanol, agua con sal...) se pueden separar los residuos plásticos, según floten o se hundan. De esta manera, los estudiantes descubren una aplicación de un concepto muy conocido, la densidad, en temas de sostenibilidad y reciclado de plásticos. Dada la sencillez del experimento, es posible realizar esta experiencia en jornadas como ferias científicas, semanas de ciencia...

Una experiencia similar centrada en el reciclaje mecánico y químico de los polímeros, organizada por la Universitat Rovira i Virgili y con el apoyo de la AEQT (Asociación Empresarial Química de Tarragona), se desarrolló en el marco de la Semana de la Ciencia 2022, con la participación de más de 1200 escolares [18]. Esta iniciativa, en la que la universidad y el sector empresarial fueron de la mano, pretendía no solo fomentar las vocaciones científicas, sino también dar a conocer a un público diverso cómo la química aporta soluciones a los grandes retos que tiene la sociedad.

Preparación de plásticos biobasados

Una de las alternativas para solucionar el problema medioambiental generado por la acumulación de residuos plásticos es la sustitución de los polímeros basados en el petróleo por polímeros de origen natural y, por tanto, más fáciles de degradar. Entre los bioplásticos degradables comerciales se encuentran los basados en PHA (polihidroxialcanoatos), en PLA (poli(ácido láctico)) y en almidón.



Figura 3. Almidón de patata y películas de biopolímero: a la izquierda, película basada en almidón comercial y, a la derecha, película basada en almidón de patata [20].

La obtención de plástico a partir del almidón de patata es uno de los experimentos más atractivos para estudiantes de distintas etapas educativas (figura 3) y ha sido referenciada en numerosas ocasiones [19,20]. El tiempo para la realización del experimento se estima en torno a 15-20 minutos para la extracción del almidón y 20 para la fabricación de la película plástica. La evaluación de la actividad, por parte de docentes y estudiantes, es muy satisfactoria [20].

CONCLUSIONES

En la actualidad, cuando la ciencia de polímeros ya ha cumplido 100 años y los materiales plásticos son omnipresentes en nuestra vida diaria, la formación de los estudiantes de secundaria en este campo, a tenor de la normativa vigente, resulta muy limitada. El análisis de los currículos de las diferentes materias ofrece una ausencia preocupante de estos contenidos, si exceptuamos el Bachillerato de la modalidad de Ciencias y Tecnología. No obstante, la sociedad en general, y en particular universidades y empresas, son conscientes de las necesidades de formación en este campo, y han puesto en marcha diferentes iniciativas para tratar de paliar esta situación.

Entre los retos que hay que afrontar en el campo de los polímeros se encuentran los siguientes: desarrollo de materiales con nuevas propiedades, búsqueda de alternativas a los polímeros de origen fósil, mejoras en las técnicas de reciclado, cuidado del medio ambiente... Mientras que la solución de algunos de estos desafíos provendrá de expertos con la formación científica adecuada (es evidente la necesidad de fomentar vocaciones STEM), todos los estudiantes deberían adquirir unos conocimientos básicos, para poder comportarse como consumidores responsables y con criterio propio. La protección del medio ambiente, la sostenibilidad, el reciclado..., son tareas en las que todos podemos y debemos contribuir, en mayor o menor medida.

Y mientras esperamos un cambio en los currículos de educación secundaria para adaptarse a lo que demanda la sociedad, han surgido diferentes estrategias que posibilitan introducir aspectos básicos de la ciencia de polímeros de una manera motivadora para los estudiantes y satisfactoria para los docentes. En este sentido, se debe seguir trabajando sin olvidar el esfuerzo que desde hace ya muchos años se viene realizando [22].

BIBLIOGRAFÍA

- [1] STAUDINGER, H. (1920) Über Polymerisation. *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft (A and B Series)* 53, 1073-1085.
- [2] (2019) 'macromolecule' en IUPAC Compendium of Chemical Terminology. [En línea] <https://doi.org/10.1351/goldbook.M03667>

- [3] AYARZA, J. (2021) 100 años de la ciencia macromolecular: orígenes y perspectivas de futuro. *Revista de Química* 35(2), 36-43.
- [4] MIJANGOS, C. (2020) 100 años de Ciencia de Polímeros en el mundo, 73 años en nuestro país. Avances en la Academia y en la Industria. *Anales de Química de la RSEQ* 4, 214-222.
- [5] LUSCOMBE, C. K., RUSSELL, G. T. (2021) Macromolecular Science Turns 100. *Chemistry International* 43(2), 4-9.
- [6] HAQUE, M.K., UDDIN, M., KORMOKER, T. et al. (2023) Occurrences, sources, fate and impacts of plastic on aquatic organisms and human health in global perspectives: What Bangladesh can do in future?. *Environmental Geochemistry and Health* 45, 5531–5556.
- [7] (2022) Plastics. The facts 2022. [En línea], disponible en https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS_V7-Tue_19-10-1.pdf [Consultado el 20/07/2024].
- [8] (2024) Plastics. [En línea], disponible en https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics_en [Consultado el 20/07/2024].
- [9] (2015) La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. [En línea], disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible> [Consultado el 20/07/2024].
- [10] (2022) LOMLOE: Nueva ley de educación. [En línea], disponible en <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/biblioteca-central/blog/2022/lomloe.html> [Consultado el 20/07/2024].
- [11] (2022) Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. [En línea], disponible en <https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-4975-consolidado.pdf> [Consultado el 20/07/2024].
- [12] (2022) Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. [En línea], disponible en <https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-5521-consolidado.pdf> [Consultado el 20/07/2024].
- [13] SERRANO-ARCA, Á., SOLAZ-PORTOLÉS, J. J. (2015) Los polímeros en la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en España: análisis de libros de texto y opinión del profesorado. *Periódico Tchê Química* 12(24), 74-81. [En línea], disponible en https://www.tchequimica.com/arquivos_journal/2015/24/74_P_24.pdf [Consultado el 20/07/2024].
- [14] ABD-EL-AZIZ, A. S., ANTONIETTI, M., BARNER-KOWOLLIK, C., BINDER, W. et al. (2020) The Next 100 Years of Polymer Science. *Macromolecular Chemistry and Physics* 221, 2000216.
- [15] SHELEF, O., GNAIM, S., SHABAT, D. (2021) Self-Immolative Polymers: An Emerging Class of Degradable Materials with Distinct Disassembly Profiles. *Journal of the American Chemical Society* 143 (50), 21177-21188.
- [16] CERSONSKY, R. K., FOSTER, L. L., AHN, T., HALL, R. J., VAN DER LAAN, H. L., SCOTT, T. F. (2017) Augmenting Primary and Secondary Education with Polymer Science and Engineering. *Journal of Chemical Education* 94 (11), 1639-1646.
- [17] FAGNANI, D. E., HALL, A. O., ZURCHER, D. M., SEKONI, K. N., BARBU, B. N., MCNEIL, A. J. (2020) Short Course on Sustainable Polymers for High School Students. *Journal of Chemical Education* 97, 2160-2168.
- [18] (2022) El reciclaje mecánico y químico de los polímeros, tema central de los talleres URV-AEQT de la Semana de la Ciencia. [En línea], disponible en <https://buenaquimica.org/el-reciclaje-mecanico-y-quimico-de-los-polimeros-tema-central-de-los-talleres-urv-aeqt-de-la-setmana-de-la-ciencia/>. [Consultado el 22/07/2024].

- [19]** (2020) Making plastic from potato starch. [En línea], disponible en <https://edu.rsc.org/experiments/making-plastic-from-potato-starch/1741.article>. [Consultado el 22/07/2024].
- [20]** DE LA FUENTE GARCÍA-SOTO, M. M, ARRIETA DILLON, M. P. (2023) Metodologías activas de indagación cotidiana: fabricación de biopolímeros a partir de patatas e indicadores a partir de lombarda. En ARRIETA DILLON, M. P., ALCÁZAR MONTERO, V. (eds.) Aprendizaje Basado en la Investigación. Madrid. Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid, pp. 97-103.
- [21]** LLORENS MOLINA, J. A., LLOPIS CASTELLÓ, R. (2003) Una propuesta didáctica para la introducción de los polímeros en la enseñanza de la química. En PINTO CAÑÓN, G. (ed.) Didáctica de la Química y de la Vida Cotidiana. Madrid. Sección de Publicaciones de la E.T.S.I. Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.

PROYECTO MÉDULA: UN PROYECTO DE APRENDIZAJE-SERVICIO

Ana Alonso Martínez¹, Mercedes Fernández González²

¹ Colegios Ramón y Cajal. c/Arturo Soria, 206. 28043 Madrid. ana.alonso@colegiosramonycajal.es

² Profesora interina. mercedes.fg@educa.madrid.org

Palabras clave: ABP; ApS; proyectos; aprendizaje significativo.

Keywords: PBL; service learning; projects; meaningful learning.

Resumen

En el aprendizaje por proyectos (ABP) en general y en el aprendizaje servicio (ApS) en particular el papel del docente cambia por completo: se convierte en el promotor del proceso, se asegura de que la atención se centre en el proyecto y el aprendizaje deja de “emanar” del profesor (que pasa a tener un papel de mediador entre el grupo y el proyecto) y se focaliza en el alumno.

El resultado del proyecto depende de la capacidad de compromiso de todo el grupo y no solo del profesor; que ya no es una fuente de respuestas correctas, sino que será la guía para que los alumnos formulen las preguntas adecuadas.

Abstract

In project-based learning (PBL) in general and in service learning (SL) in particular, the role of the teacher changes completely: he/she becomes the promoter of the process, ensures that attention is focused on the project, and learning ceases to “emanate” from the teacher (who becomes a mediator between the group and the project) and focuses on the student.

The outcome of the project depends on the commitment of the whole group and not only on the teacher, who is no longer a source of correct answers, but the guide for the students to formulate the right questions.

PROYECTOS APS: APRENDIZAJE DENTRO Y FUERA DEL AULA

Después de varias décadas en la docencia, dedicadas a nuestro trabajo y con verdadera vocación, lo que nos ha llevado a continuas formaciones siempre con la mirada puesta en mejorar nuestra tarea docente, pensando en los adolescentes y en su forma de aprender, descubrimos hace años el ABP, aprendizaje basado en proyectos y en concreto el ApS, aprendizaje servicio, después de comprobar que:

- Los alumnos aprenden también fuera del aula, a veces incluso más y mejor.
- Ellos no pretenden poseer todo el conocimiento, solo quieren conocer lo que les es útil como herramienta con valor social.
- Valoran mucho más saber dónde encontrar lo que necesitan que saberlo.
- Aprenden más y mejor cuando se sienten partícipes del aprendizaje, si se sienten creadores del contenido, y constructores de algo a lo que sumarse vitalmente: hacen suyo lo que tienen que aprender; y no lo ven como algo que “emana” del profesor.

En palabras de Juan José Vergara [1]: “Nuestros alumnos –y nosotros mismos– aprendemos porque queremos. Aprendemos cuando hay algo que se sitúa en una necesidad de conocer. Para que esto suceda es preciso que conecte con nuestras vidas y con nuestros intereses. Solo así puede crearse la intención de aprender.”

De esta manera, los tres ejes sobre los que construir este marco para el aprendizaje son:

- I. El aprendizaje es un acto intencional y debemos atender a los intereses que provocan esa intención.

2. El aprendizaje tiene sentido en la medida en que permite conectar con la realidad y COMPROMETE a nuestros alumnos con ella.
3. La estrategia de enseñanza busca crear experiencias educativas y no la mera transmisión de contenidos.

El proyecto debe estar bien articulado y debe conectar con NECESIDADES REALES, de forma que los alumnos puedan realizar un servicio a la comunidad mejorando el mundo que les rodea.

A veces esto no resulta fácil y en ocasiones no es factible encontrar temas que, además de ser de su interés, estén conectados con el currículo. Pero desde nuestra experiencia siempre merece la pena y, como explicaremos más adelante, se impone la necesidad de programar de forma flexible: unas veces el proyecto surge desde el principio del curso y otras el proyecto puede surgir de los propios alumnos o incluso el proyecto “te encuentra” de forma accidental, como fue el caso del PROYECTO MÉDULA, que abordamos en este artículo. Si nos encapsulamos en una programación que hay que cumplir a rajatabla, podemos perder magníficas oportunidades de verdadero aprendizaje significativo y duradero para los alumnos y para nosotros mismos.

Por todo ello, y conectando con nuestras experiencias previas¹ además del PROYECTO MÉDULA que presentamos en la ponencia del VIII Congreso Internacional de Docentes en Ciencia y Tecnología, estamos convencidas de que merece la pena programar nuestra tarea docente de esta manera porque:

1. El aprendizaje es más eficaz, porque le dan sentido a lo que aprenden, lo hacen suyo, y esto tiene un poder enorme. Se sienten útiles y perciben que pueden hacer cosas y que son tenidos en cuenta, en una etapa en la que aún no son adultos, y tampoco son ya niños, y quieren tener voz y voto y tomar sus decisiones. Trabajando de esta manera les ayudamos a crecer en este proceso. Así surge un nuevo concepto de aprendizaje: SE APRENDE AL VIVIR Y SE VIVE AL APRENDER [2].
2. Los alumnos llegan a la generalización de patrones sin hacerlo de forma consciente. Incorporan los saberes, habilidades y competencias adquiridas vinculándolos a situaciones concretas en las que se han aprendido y utilizado. Lo aprendido se conecta con el contexto, con la situación y con la experiencia subjetiva de aprender. De esta forma, se aprende no solo el qué y el cómo, sino también el dónde, el cuándo y el para qué.
3. Se relaciona el conocimiento alojado en las diferentes disciplinas con el desarrollo de los modos de pensar, sentir y actuar de los alumnos como ciudadanos y como personas, de forma que pueden hacer suyo el aprendizaje, a través del COMPROMISO.

Trabajar por proyectos les ofrece la posibilidad de acercarse al mundo y conocer otras realidades más allá de su “burbuja”. En general, los adolescentes son ajenos a todo lo que no tenga que ver con ellos mismos. Están en un momento evolutivo en el que se muestran egoístas, se están descubriendo a sí mismos, buscando su propio “hueco”, y hay que trabajar con ellos la empatía, para que se conviertan en ciudadanos activos y comprometidos. Esta forma de aprender les ayuda también a llegar hasta ahí.

En su libro *Aprendo porque quiero*, Juan José Vergara [2] apunta que hay varias formas en las que puede surgir un proyecto. Aunque lo ideal sería que surgiera del interés espontáneo de los alumnos, esto sucede en contadas ocasiones. Lo más habitual es que surja desde la planificación o a propósito de un suceso o acontecimiento relevante desde el punto de vista social, económico o científico; también es muy habitual que nazca de la celebración de días especiales, como por ejemplo el día de la mujer y la niña en la ciencia o la organización de una semana cultural, etc. Esta posibilidad de planificar con antelación es una ventaja para los docentes, permite rentabilizar los recursos con los que cuenta el centro, y también comprometerse con alguna causa de sensibilización. El inconveniente principal es que habitualmente no hay motivación previa por parte de los alumnos, por lo que resulta necesario realizar acciones con ellos para desencadenar la intención.

Se haga como se haga, independientemente de la intención, lo más importante es la reflexión sobre cómo se van a trabajar los objetivos de las materias involucradas en el proyecto, porque tienen que estar bien integrados, para que el proyecto no se convierta en un trabajo “extra” e independiente de las asignaturas. Y no es sorprendente, y de hecho es bastante habitual, que los alumnos lleguen incluso más lejos de los objetivos planteados al principio.

Además de los saberes de cada área, los alumnos adquieren competencias comunicativas, sociales, capacidad de negociación y cooperación, habilidades y rutinas de pensamiento, aprenden a esquematizar, a plantear hipótesis, a indagar... y llegan a la comprensión profunda de los contenidos que tratan. En realidad, al finalizar

el proyecto han aprendido muchas más cosas de las que habíamos previsto al principio: colaborar, discriminar información relevante, expresarse oralmente y por escrito, gestionar la toma de decisiones, argumentar, utilizar herramientas digitales para elaborar sus productos y exposiciones... Y también, y no menos importante, terminan percibiéndose como un grupo inteligente, el cual:

- Maneja más cantidad de información que cada componente del grupo por separado.
- Maneja mayor diversidad de formas de llegar a la solución de un problema.
- Tiene mayor capacidad de análisis.
- Resulta más creativo.

Y no podemos olvidarnos de otro factor muy importante para nosotras: la satisfacción que produce en el docente esta forma de trabajar, que es mucho más dinámica y, por qué no decirlo, divertida. Se hace mucho hincapié siempre en la importancia y la necesidad de la motivación para aprender en los alumnos y creemos que va acompañada, o al menos es más fácil conseguirla, de la motivación del profesorado. Además, se crean vínculos entre alumnos y profesores que traspasan las paredes del aula y perduran en el tiempo, como con el grupo del proyecto *Dos ojos para tres dimensiones*¹, con los que casi trece años después seguimos en contacto y compartiendo información sobre el tema que investigamos.

El ABP invita al grupo a actuar, más allá de producirse un aprendizaje significativo. Cada línea de investigación lleva al deseo de intervenir activamente sobre la realidad hasta el punto en el que el propio proyecto terminará con algún tipo de acción. Además, el grupo vivirá inmerso en un clima de investigación, donde aparece el deseo de interrogarse, compartir, actuar, proponer, debatir, cuestionar y divertirse, aportando valor al grupo y también a cada miembro individualmente.

El papel del docente cambia por completo: se convierte en el promotor del proceso, se asegura que la atención se centra en el proyecto, y el aprendizaje deja de “emanar” del profesor (que pasa a tener un papel de mediador entre el grupo y el proyecto) y se focaliza en el alumno.

El resultado del proyecto depende de la capacidad de compromiso de todo el grupo y no solo del profesor; que ya no es una fuente de respuestas correctas, sino que será el guía para que los alumnos formulen las preguntas adecuadas.

PROYECTO MÉDULA

Este proyecto no surgió por el interés espontáneo de los alumnos ni fue resultado de una programación estructurada. La ocasión surge en el Centro de Transfusiones de la Comunidad de Madrid [3] al hacer una donación de sangre: los alumnos pueden investigar sobre aspectos de la donación tanto de sangre como de médula, y crear una campaña de sensibilización a dicha donación (ellos no pueden donar aún al ser menores de edad) traspasando las paredes del aula y del colegio. Como producto final y exposición hicieron infografías y vídeos que mostraron en los accesos al Hospital de La Paz de Madrid, animando al público general en una maratón de donación.

El alumnado trabajó en grupos de tres personas, elaborando una serie de documentos dirigidos a todas las edades con el objetivo de dar a conocer este tema y animar a las personas a donar médula.

El Centro de Transfusión nos facilitó materiales y varios dossiers que fueron de mucha ayuda, nos dieron ideas y acudieron al centro para explicar el proyecto y su intención. Supervisaron y evaluaron los productos (vídeos e infografías) elaboradas por los alumnos y los corrigieron antes de su difusión final.

Objetivos del Proyecto

- Aprender haciendo un servicio a la comunidad.
- Fortalecer las destrezas psicosociales y la capacidad de participar en la vida social de manera positiva.
- Concienciar de la importancia de registrarse como donante de médula ósea.
- Favorecer el incremento de nuevos registros de donantes en nuestra comunidad.
- Acercar la información de forma adecuada a su entorno próximo y a la población en general.
- Fomentar la conciencia cívica.
- Aprender de contenidos científicos, organizativos, cívicos y sociales al participar en una experiencia donde los/as estudiantes son protagonistas implicándose en dinamizar a su entorno a través de la intervención.

Competencia ciudadana

- Desarrollo de valores, empatía, solidaridad, compromiso.
- Iniciativa y autonomía personal.
- Estimular el esfuerzo, la responsabilidad y el compromiso solidario.
- Despertar en los y las estudiantes, la predisposición futura de ser donantes.

Producto elaborado	Contenidos incluidos
Infografía	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso de formación de células sanguíneas: ¿Cómo y dónde se forman glóbulos rojos, blancos y plaquetas? • ¿Qué tipos de médula ósea existen? ¿Qué función realiza cada una? ¿Dónde se localizan? • Explicar el proceso de hematopoyesis mediante un dibujo. • Tipos de enfermedades hematológicas: LINFOMAS Y LEUCEMIA
Artículo en formato tríptico	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué es el trasplante de médula? ¿Cuándo se necesita? • ¿Qué es la compatibilidad HLA (<i>Human Leukocyte Antigens</i>)? • Requisitos para ser donantes. ¿Cómo es el proceso hasta que la médula llega a un receptor? • Métodos DE DONACIÓN <ul style="list-style-type: none"> • Sangre periférica • Punción de hueso • ¿Qué se hace una vez recolectados los progenitores hematopoyéticos? • ¿Qué función desempeña el EQUIPO MÉDULA?
Producto final	Contenidos incluidos
Video	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez finalizada la fase de investigación y reflexión, cada grupo grabó un video de un minuto, a modo de campaña informativa sobre la importancia de la donación de médula. • De la infografía y el artículo científico cada grupo pudo elegir, según su criterio, qué era lo más importante que querían mostrar en su video para crear conciencia y animar a la población a donar médula ósea.



Ejemplo de tríptico elaborado por uno de los grupos.

Criterios para el éxito

- Trabajar en equipo.
- Realizar los tres documentos: infografía, artículo en tríptico y vídeo.
- Registrar las fuentes de información.
- Ser creativos: la creatividad tendrá un peso de dos puntos sobre la nota final (se valore sobre 10 u 8). La edición del video se evalúa en este ítem.
- Tener en cuenta la rúbrica de evaluación.

RUBRICA DE CORRECCIÓN (IB)²

CRITERIO D- REFLEXIÓN SOBRE EL IMPACTO DE LA CIENCIA- UNIDAD DE INDAGACIÓN 3- LA IMPORTANCIA DE LA DONACIÓN DE MÉDULA

Nivel de logro	Descriptor	Lo que tengo que hacer
1-2	D1-Indica de que manera se utiliza la ciencia para abordar un problema concreto. D2-Indica las implicaciones del uso de la ciencia para resolver una cuestión o un problema concreto. D3-Aplica lenguaje científico D4- Documenta las fuentes vagamente	D1-Apenas resumes información. No incluyes casi nada de información sobre los temas de la infografía y el artículo científico es muy básico. D2- Reflexionas muy poquito sobre el impacto de la ciencia tanto en la conclusión del artículo científico como en el video. El video no muestra lo importante que es la donación de médula ósea y no llegas al público. Es muy básico. D3-Aplicas el lenguaje científico en contadas ocasiones. D4- Sólo hay una fuente (o dos) y su fiabilidad es cuestionable.
3-4	D1-Indica de que manera se utiliza la ciencia para abordar un problema concreto. D2-Indica las implicaciones del uso de la ciencia para resolver una cuestión o un problema concreto. D3-Aplica lenguaje científico D4-Documenta las fuentes	D1-Comentas por encima los puntos de la infografía y del artículo, pero falta profundidad en los contenidos, quedando conceptos bastante en el aire. D2- Reflexionas en general, tanto en la conclusión del artículo como en el video. Falta algo de profundidad y sensibilidad en alguno de los dos productos o en ambos dos. D3-Aplicas el lenguaje científico en ocasiones. D4-Documentas dos fuentes que están bien.
5-6	D1-Esboza de que manera se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concreto. D2-Esboza las implicaciones del uso de la ciencia para resolver una cuestión. D3-Aplica lenguaje científico D4- Documenta las fuentes	D1-Explicas resumidamente todas las cuestiones de forma correcta, aunque en algún aspecto mínimo faltarían detalles. Alguna cuestión en la infografía o en el artículo no quedan 100% bien explicados. D2-Reflexiones correctamente en ambos productos. Se nota cierta sensibilidad y profundidad y las conclusiones importantes sobre la importancia de la donación llegan al público. D3-Aplicas el lenguaje científico de manera correcta. D4- HAY TRES FUENTES BUENAS. O 4 fuentes, aunque alguna cuestionable.
7-8	D1-Resumir de que maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o problema. D2-Describir y resumir las consecuencias del uso de la ciencia y su aplicación para resolver un tema en concreto D3-Aplicar lenguaje científico D4-Documenta las fuentes	D1-Explicas resumidamente todas las cuestiones correctas, muy bien tanto en el artículo como en la infografía. Se entiende todo perfectamente. D2-Las reflexiones son muy buenas, sensibles y profundas tanto en la conclusión del artículo como en el video. Desde luego, el mensaje llega al público generando una conciencia que pueda dar lugar a acciones positivas como donar médula. D3-Aplicar lenguaje científico en todo el proyecto, sistemáticamente, para transmitir su comprensión de manera clara y precisa. D4- LAS CUATRO O MÁS FUENTES SON BUENAS.

DIFUSIÓN EXTERNA AL CENTRO

Los mejores proyectos se seleccionaron para su difusión dentro y fuera del colegio.

Un grupo de quince alumnos y alumnas de 3º ESO participó en la XIV Maratón de donación de sangre que tuvo lugar en el Hospital de la Paz de Madrid, informando sobre la donación de médula ósea.



Ejemplo de difusión en RRSS.

CONEXIONES CURRICULARES

Biología y Geología

- Aparato linfático y circulatorio.
- Enfermedades que necesitan de un trasplante de MO.
- El sistema HLA.
- Conciencia sobre la importancia de ser donante.
- Sistema inmunitario: los trasplantes y la donación de células, sangre y órganos.
- Información básica para donantes.
- Estancia hospitalaria.

Lengua Castellana y Literatura

- Aprender a hablar en público, en situaciones formales o informales, de forma individual o en grupo.
- Habilidades comunicativas.
- Elaboración de material informativo y divulgativo. Publicidad.
- Preparación de entrevistas de radio o TV.
- Presentaciones.
- Internet: conceptos, servicios y seguridad en la red.
- Herramientas y aplicaciones básicas para la búsqueda, descargas, intercambio y publicación de información.

TIC

- Manejo de programas informáticos para la edición de vídeos, reportajes fotográficos, etc., para su difusión y sensibilización.
- RRSS.

CONCLUSIONES

- Trabajar por proyectos es una manera de conseguir un aprendizaje significativo y duradero, en el que se puede llegar a involucrar en el trabajo a la mayoría de los alumnos, ya que se consigue con más facilidad activar su motivación.
- Si además como producto del proyecto se desarrolla un servicio a la comunidad, podemos sentirnos todos, tanto alumnos como profesores, ciudadanos activos y comprometidos con la mejora de la sociedad.
- Es una forma de enseñanza-aprendizaje más dinámica y divertida, no solo para los alumnos, sino también para los docentes.

EXPERIENCIAS PREVIAS

■ 2011: Un mundo mejor

Proyecto multidisciplinar.

■ 2012: Dos ojos para tres dimensiones

Proyecto para toda la vida: Presentado en Investigadores del futuro, ganadores de la XIII edición de Ciencia en Acción en la modalidad de Ciencia en la Sociedad, III Jornadas ConCiencia en la Escuela en el Círculo de Bellas Artes, y en el Finde Científico del mismo año.

■ 2014: El poder de los cristales

Presentado en el V Finde Científico en el MUNCYT.

■ 2016: ConCiencia Inclusiva

Proyecto de cristalografía conjunto con el colegio Estudio 3 Afánias, la escuela universitaria La Salle y la Real Sociedad Española de Química. Presentado en el VII Finde Científico en el MUNCYT.

Un mundo mejor (2011) y Dos ojos para tres dimensiones (2012) presentadas y desarrolladas en la ponencia "Yo no tengo miedo a trabajar por proyectos. ¿Te atreves a aplicarlo en tus clases?" en el IV Congreso de Docentes de Ciencias.

² IB, los alumnos de 3ºESO cursan también el cuarto año del PAI, Programa de Años Intermedios del Bachillerato Internacional (IB), por lo que la rúbrica se muestra sobre 8.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] VERGARA RAMÍREZ, J.J. (2015) *Aprendo porque quiero*.
- [2] PÉREZ GÓMEZ, A.I. en el prólogo de *Aprendo porque quiero* de Juan José Vergara Ramírez.
- [3] Dossier facilitado por el EQUIPO MÉDULA del Centro de Transfusiones de la Comunidad de Madrid.

LA CELEBRACIÓN DE EFEMÉRIDES COMO OCASIONES PARA EL FOMENTO DEL INTERÉS POR LA CIENCIA EN ALUMNOS DE SECUNDARIA: EL LABORATORIO “TERRORÍFICO” EN HALLOWEEN

Pilar Díaz Guervós

Dpto. de Biología y Geología. IES Cerro Milano. Alhama de Almería (España). pilarspiranthes@gmail.com

Palabras clave: experimentos de laboratorio; Halloween; fomento de la ciencia; aprendizaje entre iguales.

Keywords: laboratory experiments; Halloween; science promotion; peer learning.

Resumen

Este artículo presenta una actividad diseñada para mejorar la enseñanza de materias STEM en la Educación. Ante el desinterés creciente de los jóvenes por las asignaturas de ciencias, se hace necesario diseñar actuaciones que impulsen el acercamiento del alumnado a las disciplinas científicas. Se muestra la propuesta didáctica llevada a cabo desde hace 6 años con motivo de la celebración de *Halloween*. Se realizan diferentes experimentos de laboratorio dirigidos a todos los alumnos del instituto, ambientados dentro de la temática de terror. Las actividades están basadas en el aprendizaje colaborativo, participativo y constructivo. Durante su desarrollo, el alumno se implica, de forma protagonista, en su propio aprendizaje, contribuyendo a la alfabetización y vocación científicas.

Abstract

Given the growing lack of interest among young people in science subjects, it is necessary to design actions to encourage students to get closer to scientific disciplines. This is the teaching proposal that I have been carrying out for the last six years to celebrate Halloween.

Different laboratory experiments are carried out for all the student age groups at the school, set around the topic of horror films and the Halloween theme. The activities are based on collaborative, participative and constructive learning. During the course of the activities, pupils are involved, taking a lead role, in their own learning, and therefore contributing to their scientific literacy and vocation.

LA CRISIS DE LAS VOCACIONES CIENTÍFICAS

El último informe PISA 2022 [1] pone de manifiesto la necesidad de promover la enseñanza de las ciencias en España. Se propone el desarrollo de las competencias científicas de los alumnos y se argumenta, entre otras cuestiones, que las ciencias son fundamentales para el desarrollo del conocimiento y la comprensión del mundo que nos rodea.

Es un hecho conocido el creciente desinterés entre los alumnos de Secundaria por las asignaturas de ciencia y tecnología (CyT). De esta forma, cada año disminuye el número de matrículas en las asignaturas optativas de estos itinerarios. Desde los primeros años del siglo XXI hasta la actualidad, numerosas investigaciones han puesto, y ponen, de manifiesto esta *crisis de las vocaciones científicas* que amenaza el futuro de las profesiones científico-tecnológicas [2,3]. El alarmante descenso del interés de los jóvenes por el conocimiento científico se evidencia sobre todo en los estudiantes de la ESO. En Primaria los niños sienten una inclinación natural por las ciencias y disfrutan de su aprendizaje; sin embargo, este interés decae notablemente en el paso a la Secundaria [4]. Este hecho es de

gran importancia ya que a los catorce años la inclinación hacia las asignaturas STEM está más o menos definida, ya sea positiva o negativamente [5].

LAS CIENCIAS SON EMOCIONANTES

Tradicionalmente, la enseñanza de las asignaturas STEM se ha ocupado de conocimientos y procesos, obviándose el fomento de actitudes positivas en los alumnos, que podría traducirse en un aumento de matrículas en estas disciplinas [6]. La enseñanza de los saberes de ciencias tiene, en la práctica, un enfoque obsesivo por transmitir multitud de conocimientos, más que contemplarse como un medio para mejorar la capacidad de entender el mundo. De esta manera, los alumnos tienden a desconectar la experiencia personal con lo aprendido en los contextos académicos [7].

Son muchos los que excluyen las emociones de la investigación educativa al considerarlas al margen de la racionalidad científica. Sin embargo, esto es un obstáculo de la visión holística sobre el funcionamiento del pensamiento y de la conducta [8]. En la enseñanza de las ciencias se ha abusado del lenguaje racional frente al emocional, con escaso uso de lenguajes más cercanos y afectivos que hagan más atractiva la ciencia y el mundo del conocimiento [9]. Esta escasez de emocionalidad se traduce en una falta de implicación que conduce directamente a una desafección por las asignaturas de CyT. Tal y como queda reflejado en una frase atribuida a Benjamín Franklin “*Cuéntame y olvido, enséñame y recuerdo, implícame y aprendo*”; bien sabemos que no se puede apreciar lo que no se conoce o no se comprende. Como señala Hargreaves [10]: “*Las emociones están en el corazón de la enseñanza*”.

En estas edades está muy generalizado el miedo a las matemáticas. Muchos alumnos suelen asociar el sentimiento de incapacidad al estudio de disciplinas de CyT. Esto repercute en su desinterés y su probable rechazo [11]. Este cúmulo de emociones negativas genera un rechazo emocional hacia el aprendizaje de las STEM y culmina en alumnos con poca o ninguna autonomía en el aprendizaje de las ciencias.

Algunas investigaciones señalan que el hecho de participar en actividades extracurriculares relacionadas con disciplinas científico-técnicas puede tener un impacto positivo en los adolescentes. Actualmente, hay toda una corriente de propuestas basadas en la idea de ofrecer una educación en ciencias más entretenida [12] y se sugiere, entre otras medidas, priorizar actividades que estimulen el interés hacia la CyT en la secundaria [13].

En la sociedad actual, cada vez más condicionada por los nuevos avances de la CyT, es esencial la alfabetización científica de los ciudadanos para que puedan participar y opinar ante la información emergente. Es importante promover temas que sean de interés para los estudiantes de manera que disfruten del entusiasmo de descubrir la naturaleza y el funcionamiento del mundo en el que viven. Por otra parte, adoptar actitudes críticas ante la desinformación resulta hoy imprescindible. Aprovechando el potencial de comunicación de las redes sociales, está cada vez más extendida la infoxicación (difusión de información tóxica) por parte de grupos de negacionistas y de pseudociencias. Una adecuada alfabetización científica parece el método más eficaz para combatir esta infodemia (pandemia de infoxicación) [14].

BUSCANDO Y DISEÑANDO RECURSOS

La búsqueda de recursos para fomentar el interés del alumnado hacia las ciencias llevó al departamento de Biología y Geología del IES Cerro Milano, hace seis años, a diseñar una serie de actividades extracurriculares para llevar a cabo en la celebración de determinadas efemérides. Desde entonces, en el contexto de *Halloween* (celebración conocida localmente como “día de las castañas”) se plantea la realización de experimentos físicos, químicos y biológicos desarrollados como experiencias “mágicas” y teatralizadas, de forma que causen el mayor impacto positivo posible en toda la comunidad educativa. Los objetivos de partida fueron:

- Mostrar la ciencia como un medio de entender el mundo.
- Posibilitar la integración de los ámbitos personal y académico de los alumnos.
- Promover la fascinación por los fenómenos naturales.
- Dar una explicación científica a determinados fenómenos naturales.
- Presentar la ciencia como una forma de diversión.

La actividad está basada en el aprendizaje colaborativo, participativo y constructivo, diseñándose desde una perspectiva de inclusión e igualdad, y goza de las siguientes características:

- Situación lúdica: se lleva a cabo junto con otras actividades extracurriculares recreativas de *Halloween*, tales como lectura de cuentos a la luz de las velas, concurso de disfraces, túnel del miedo, etc.
- Experiencia inmersiva: ambientada en la temática de terror, tanto en la decoración de cada uno de los stands como en la teatralización y vestimenta de los alumnos que intervienen.
- Aprendizaje entre iguales: los experimentos los montan y realizan los alumnos de bachillerato para el resto de los alumnos del instituto, lo que crea un ambiente entre iguales que favorece la comunicación.
- Descubrir por sí mismo: la investigación necesaria para montar las experiencias fomenta la capacidad de autonomía del aprendizaje en el alumnado.
- Participativa: promueve la participación activa tanto de los alumnos que elaboran los stands como de los visitantes que llevan a cabo las experiencias con sus propias manos.
- Inclusión e igualdad: dirigida a todos los niveles y a toda la comunidad educativa.

PREPARACIÓN DE LA EXPERIENCIA

La preparación de las experiencias está integrada en una situación de aprendizaje sobre el método científico de la asignatura de Biología, Geología y Ciencias Ambientales de 1º de Bachillerato.

La profesora propone los experimentos que pueden llevarse a cabo, a la par que deja la lista abierta a nuevas propuestas de los alumnos. Finalmente se realiza una puesta en común y se elabora la lista definitiva de actividades que se repartirán entre grupos de trabajo pequeños (de 2 a 4 alumnos). Se busca, entre todos, un título sugerente, original para cada una de las experiencias y acorde con la temática *Halloween*.

Una vez asignadas las experiencias, se abordan las siguientes 3 etapas de trabajo:

1. Fundamento teórico:

Se trata de establecer los principios teóricos en los que se basa el fenómeno que se muestra. Para ello, los grupos de alumnos realizan búsquedas bibliográficas o en internet, guiadas por preguntas formuladas por la profesora y por una lista de bibliografía y webgrafía que se les facilita.

2. Material y procedimiento:

Con la información recogida en las búsquedas guiadas, de entre todo el material disponible en el laboratorio de biología, los grupos reúnen el material necesario para llevar a cabo los experimentos. También redactan un protocolo con el procedimiento y las normas de seguridad a seguir.

3. Realización de paneles expositivos:

Se realiza en formato tríptico con materiales reciclados (reutilizando cajas de cartón). Se dan unas dimensiones orientativas (40-50-40 x 90 cm) y las directrices de cómo distribuir el contenido en las tres partes del tríptico (una sección dedicada a las preguntas iniciales e hipótesis de partida, otra con el título y el fundamento teórico y otra con el material y el procedimiento). Se indica que tenga una decoración ambientada en la temática de terror con un título sugerente (figura 1).

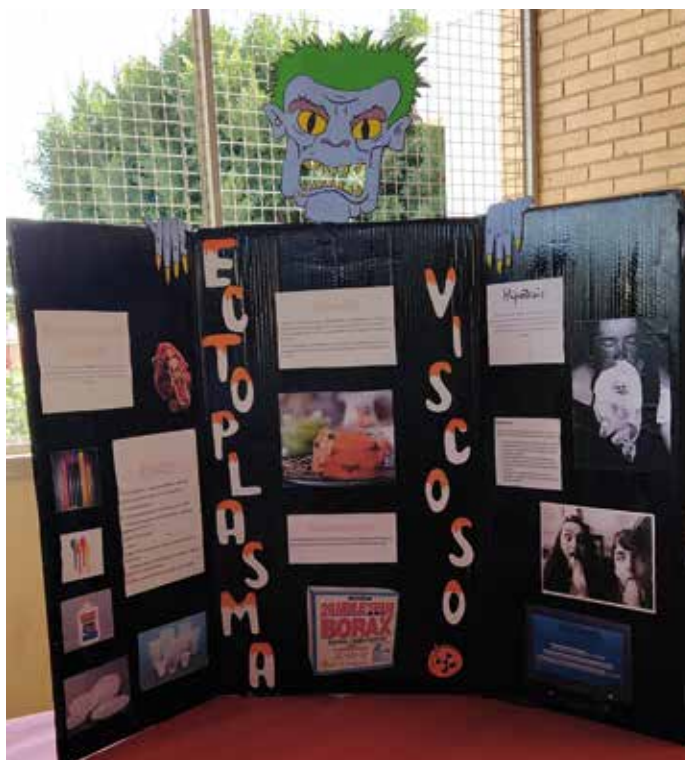


Figura 1. Panel expositor.

Las experiencias y las preguntas guía para las búsquedas de información se muestran en la siguiente tabla:

NIEBLA DE LOS PANTANOS

Fenómeno estudiado: El hielo carbónico y la sublimación.

1. ¿Qué es el hielo carbónico y a qué temperatura se encuentra?
2. ¿Por qué se produce una "niebla" al echarlo en agua? ¿Esta niebla es más o menos pesada que el aire? ¿Por qué?
3. ¿Qué es la sublimación?
4. Busca 4 experiencias diferentes para realizar con el hielo carbónico.
5. Busca y escribe las normas de seguridad en el laboratorio que son aplicables a tus experiencias.
6. Recopila fotos para tu panel.

MAGIA "POTAGIA".

Fenómeno estudiado: Los indicadores de pH.

1. ¿Qué son los indicadores de pH?
2. ¿Por qué cambian de color? ¿Qué aplicaciones tiene esta propiedad?
3. Busca información sobre la fenolftaleína, serán las lágrimas de sirena. ¿Qué colores tiene en medio ácido y en medio básico?
4. Busca información sobre el azul de timol (o azul de bromotimol), serán la sangre de dragón. ¿Qué colores tiene en medio ácido y en medio básico?
5. Inventa frases mágicas y conjuros para escenificar tu experiencia (recuerda: las lágrimas de sirena pasan de incoloras a fucsia y la sangre de dragón pasa de azul a anaranjado)
6. Busca y escribe las normas de seguridad en el laboratorio que son aplicables a tu experiencia.

ECTOPLASMA VISCOSO.

Fenómeno estudiado: Propiedades de los polímeros; elaboración de *slime*.

1. ¿Qué es un polímero? Cómo cambian las propiedades de una sustancia cuando se polimeriza.
2. Busca los materiales que tienes que utilizar.
3. ¿Qué compuesto es el que contiene la cola blanca? ¿Cómo cambian las propiedades de la cola blanca cuando se polimeriza?
4. ¿Qué compuesto químico es el bórax? ¿Qué usos industriales tiene?
5. ¿Qué concentración de bórax se utiliza en la elaboración de *slime*? (tendréis que preparar vosotros la disolución)
6. ¿Qué efecto tiene el bórax sobre la cola blanca?
7. Busca sustancias que puedas añadir para aumentar la espectacularidad del *slime* (colorantes etc.)
8. Busca y escribe las normas de seguridad en el laboratorio que son aplicables a tu experiencia.

LUZ NEGRA.

Fenómeno estudiado: La luz ultravioleta y los pigmentos sensibles a la luz UV.

1. ¿Qué es la luz negra?
2. ¿Por qué algunos pigmentos se ven cuando son "iluminados" con luz negra?
3. Busca un par de experimentos podamos hacer con luz UV.
5. Busca fotos de fenómenos en la naturaleza basados en la luz UV; por ejemplo, cómo ven algunos insectos las flores.
6. Recuerda ir recopilando fotos para tu panel.

JACK EL DESTRIPIADOR.

Fenómeno estudiado: Disección de un corazón de cerdo.

1. Busca información, dibujos y fotografías sobre la anatomía externa e interna del corazón y de los vasos sanguíneos que llegan a él.
2. Infórmate de los pasos a seguir para realizar la disección.
3. Reúne todos los materiales necesarios para llevar a cabo la disección.
4. Busca y escribe las normas de seguridad en el laboratorio que son aplicables a tu experiencia.
5. Busca algunas imágenes "ambientadas" sobre Jack el Destripador que servirán para decorar tu panel.

SERES DE LA NOCHE.

Fenómeno estudiado: Reconocer los sonidos que emiten los animales nocturnos.

1. Busca información sobre animales de hábitos nocturnos.
2. Elabora una lista de 10 animales nocturnos que incluya al menos aves y mamíferos.
3. Recopila información sobre el lugar en donde viven, su modo de vida y las adaptaciones que tienen para desenvolverse en la oscuridad.
4. Recoge fotos de cada uno de los animales que has escogido.
5. Busca los sonidos peculiares de cada uno de estos animales que puedan servir para reconocerlos; por ejemplo, el canto de un búho real. Recuerda que por la noche son muy importantes los sonidos.
6. ¿Por qué son tan importantes los sonidos en los animales nocturnos?
7. Realiza un juego con *Scratch* para enlazar los animales nocturnos con sus sonidos correspondientes.

FUEGOS FATUOS.

Fenómeno estudiado: Espectro de emisión de los elementos. Ensayo a la llama.

1. ¿Qué es el espectro de emisión de un elemento? ¿Por qué se produce este fenómeno?
2. ¿Por qué se considera la "huella dactilar" de un elemento?
3. ¿Cómo se utiliza para la identificación científica de un elemento?
4. ¿Qué técnicas de análisis están basadas en este fenómeno?
5. ¿Qué coloraciones en llama dan las siguientes sustancias?: cloruro de litio, bicarbonato de sodio, cloruro de potasio y sulfato de cobre.
6. Busca y escribe las normas de seguridad en el laboratorio que son aplicables a tu experiencia

TALLER DE MIEDO AMBIENTE.

Fenómeno estudiado: Desmontando mitos sobre algunos animales terroríficos.

- Arañas.

1. ¿Qué clase de animales son? Busca información sobre su taxonomía.
2. ¿Cómo se alimentan? ¿Cómo cazan?
3. Tipos de arañas según hagan tela o no.
4. Papel de las arañas en los ecosistemas.
5. Propiedades de la tela de araña.
6. Busca información de cómo hacer una araña con cartulina y lana.
6. Busca fotografías interesantes y piensa cómo decorar tu panel expositor.
5. Busca algunas imágenes "ambientadas" sobre Jack el Destripador que servirán para decorar tu panel.

- Murciélagos.

Busca información, al menos, sobre:

1. Clase de animales que son (taxonomía)
2. Qué estructura corporal tienen.
3. Número de especies de murciélagos que hay en el planeta.
4. Sus distintas formas de alimentación. La verdad sobre los vampiros (murciélagos hematófagos)
5. Cómo cazan por ecolocalización (RADAR)
- 6.Cuál es su papel en los ecosistemas.
7. ¿Cómo hacer una careta de murciélago?
8. ¿Cómo construir un refugio para murciélagos?
9. Busca fotografías descriptivas para decorar tu panel.

- Lobos.

Busca información, al menos, sobre:

1. Nombre científico y clasificación taxonómica.
2. Mapas de distribución de la especie en España, Europa y el Mundo.
3. Estado de conservación en España.
4. Alimentación y modo de vida.
5. Su vida familiar, la importancia de las manadas.
6. Papel que tienen en los ecosistemas.
7. Cómo hacer una careta de lobo.
8. Busca fotografías y sonido del aullido del lobo.

EL DÍA “D”: DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Todos los talleres son experimentos de laboratorio de física, química o biología dirigidos a todos los alumnos del instituto, especialmente a los de 1º, 2º y 3º de ESO. En todos ellos los visitantes llevan a cabo las experiencias, dirigidos por los monitores, alumnos de 1º de bachillerato, que han montado el taller. Durante el desarrollo del experimento, los monitores transmiten los conocimientos sobre los fenómenos naturales que han recopilado y que han expuesto en sus paneles, y resuelven las dudas que surjan. En los talleres de “Miedo Ambiente”, que pueden resultar más expositivos y pasivos, se ha introducido algún tipo de experiencia manipulativa (hacer caretas de lobo, cajas nido de murciélagos o arañas con lana y cartulina) para aportar una faceta participativa e inmersiva del visitante (véanse las **figuras 2 a 9**).

Previo ensayo general que asegure el correcto desarrollo de las experiencias; los talleres se montan en el exterior, en una zona cubierta del patio (**figura 10**). Se elabora un cuadrante horario de manera que en cada stand haya, en todo momento, al menos dos componentes del grupo y que el resto pueda participar en las otras actividades.

Se recomienda que los monitores, alumnos de bachillerato, vengan disfrazados y que teatralicen sus intervenciones. Así mismo, se les insta a que adapten sus explicaciones e indicaciones al nivel y a la edad de los visitantes. Paralelamente, se organiza un concurso de disfraces de terror para toda la comunidad educativa, lo que estimula la participación en esta efeméride en un entorno que se sale de lo cotidiano. Las visitas son organizadas desde la jefatura de estudios a lo largo de una mañana, de manera que se asegure la participación de todo el instituto.



Figura 2. Magia potagia.



Figura 3. Fuegos fatuos.



Figura 4. Ectoplasma viscoso.



Figura 5. Seres de la noche.



Figura 6. Miedo ambiente.



Figura 7. Jack el destripador:



Figura 8. Niebla de los pantanos.



Figura 9. Luz negra.



Figura 10. El laboratorio terrorífico se organiza en una zona del patio para que participe todo el centro.

CONCLUSIÓN

La organización del “laboratorio terrorífico” posibilita la realización de prácticas de innovación abiertas a la participación de toda la comunidad educativa y en donde la diversión y el aprendizaje van de la mano. Se alcanza un doble objetivo: por un lado, los alumnos de bachillerato desarrollaron una situación de aprendizaje sobre la ciencia y sus métodos; por otro lado, se contribuye a mejorar la alfabetización científica, aumentar el interés por la ciencia y la promoción de vocaciones científicas. La enorme satisfacción manifestada por alumnos, profesores y padres evidencia que otra manera de aprender es posible.

ENLACE A LA PRESENTACIÓN: <https://view.genially.com/6611a07b183e630014f2ae2d>

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN PROFESIONAL (2023) PISA 2022, Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe español. Madrid.
- [2] MUÑOZ RODRÍGUEZ, J.M., HERNÁNDEZ SERRANO, M.J., SERRATE GONZÁLEZ, S. (2019) El interés por el conocimiento científico de los estudiantes de secundaria en España. *Educ. Soc., Campinas* 40, 1-19.
- [3] HERNÁNDEZ, M.P.S. (2018) Déficit vocacional en la era digital. *Tendencias Sociales. Revista de Sociología* 1, 197-224.
- [4] MURPHY, C. (2005) Primary science in the UK: a scoping study. (Q. U. Belfast, ed.). The Wellcome Trust.
- [5] ARCHER, L., DEWITT, J., OSBORNE, J., DILLON, J., WILLIS, B., WONG, B. (2010) "Doing" science versus "being" a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education* 94, 617-639.
- [6] VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M.A. (2009) Factores actitudinales determinantes de la vocación científica y tecnológica en secundaria. *Culture and Education* 21, 319-330.
- [7] PORLÁN ARIZA, R. (2018) Didáctica de las ciencias con conciencia. *Enseñanza de las Ciencias* 36 (3), 5-22.
- [8] MELLADO, V., BORRACHERO, A.B., BRÍGIDO, M., MELO, L.V., DÁVILA, M.A., CAÑADA, F., CONDE, M.C., COSTILLO, E., CUBERO, J., ESTEBAN, R., MARTÍNEZ, G., RUIZ, C., SÁNCHEZ, J., GARRITZ, A., MELLADO, L., VÁZQUEZ, B., JIMÉNEZ, R., BERMEJO, M.L. (2014) Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 32(3), 11-36.
- [9] ACEVEDO-DÍAZ, J. A., GARCÍA-CARMONA, A. (2016) Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13(1), 3-19.
- [10] HARGREAVES, A. (1998) The emotions of teaching and educational change. En A. Hargreaves, A. Lieberman, M. Fullan y D. Hopkins (eds.). *International handbook of educational change*. Kluwer Academic Publishers, pp. 558-575.
- [11] SANTILLÁN, J.E., COLOMBO, E.M., JARMA, N., PÉREZ, A.I., ISGRO, C.A.; CHIRRE, A., LAZARTE, E.L. (2017) Preguntas desde el interior: los jóvenes, la ciencia y la tecnología. *Revista Iberoamericana de Educación* 75(2), 21-40.
- [12] SIMARRO, C. (2015) El fomento del interés por la educación científica entre los jóvenes: por un futuro mejor para los ciudadanos de mañana. En *¿Cómo podemos estimular una mente científica? Estudio sobre las vocaciones científicas*. Obra Social "la Caixa", FECYT y Everis.
- [13] VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M.A. (2008) La elección de asignaturas de ciencias: análisis de los factores determinantes. *Revista española de pedagogía* año LXVII 241, 541-558.
- [14] VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M.A. (2023) Un análisis del cambio en las actitudes generales hacia el ambiente de jóvenes españoles. *Indagatio Didactica* 15 (1), 369-386.

EL PROYECTO ECOSOCIAL “OASIS DE MARIPOSAS”: RECURSO CON MÚLTIPLES POSIBILIDADES DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN SECUNDARIA

Pilar Díaz Guervós¹, Soledad Callejón García²

¹ Dpto. Biología y Geología. IES Cerro Milano. Alhama de Almería. Almería (España). pilarspiranthes@gmail.com

² Dpto. Biología y Geología. IES Luz del Mar. El Ejido. Almería (España). soledad.callejon@gmail.com

Palabras clave: oasis de mariposas; insectos; polinizadores; biodiversidad; educación ambiental; ecosocial.

Keywords: butterfly oasis; insects; pollinators; biodiversity; environmental education; eco-social.

Resumen

El *Oasis de Mariposas* es un proyecto ecosocial dirigido a la sensibilización en la conservación de estos insectos. Se trata de crear zonas de vegetación donde las mariposas autóctonas acudan a alimentarse y completar su ciclo biológico. Los oasis favorecen la conectividad entre poblaciones cercanas, contribuyendo al mantenimiento de las metapoblaciones. Además, son un potente recurso didáctico que abarca gran variedad de contenidos curriculares, susceptibles de ser abordados en todos los niveles educativos. Se muestra la integración del proyecto en las asignaturas del ámbito de las ciencias naturales y se sugiere su inclusión en el currículo de otras asignaturas.

Abstract

The *Butterfly Oasis* is an eco-social project aimed at raising awareness of the conservation of these insects. The aim is to create areas of vegetation where native butterflies come to feed and complete their biological cycle. Oases enhance connectivity between nearby populations, contributing to the maintenance of metapopulations. They are also a powerful teaching resource that covers a wide variety of curricular content, which can be applied at all educational levels. The integration of the project in natural science subjects is shown and its inclusion in the curriculum of other subjects is suggested.

INTRODUCCIÓN

La integración de la educación ambiental, en todos los niveles educativos, es fundamental como lucha contra los grandes problemas ambientales de la actualidad. La comprometida situación ambiental actual, a nivel planetario, conduce a la humanidad a nuevos retos y desafíos para los que hay que preparar a toda una generación. Ante estas dificultades, creemos necesaria la incorporación de la dimensión ecosocial en los currículos. Se trata de fomentar la toma de conciencia ambiental a través de una metodología en la que los alumnos se formen como ciudadanos participativos, conscientes, con espíritu crítico y emprendedor; capaces de analizar los problemas sociales, económicos y ecológicos de su entorno y proponer soluciones para resolverlos.

En este contexto, hemos planteado el proyecto Oasis de Mariposas, que desarrollamos en nuestros respectivos centros de trabajo desde hace 5 años. La gran potencialidad de este proyecto permite plantearse la consecución de muchos otros objetivos, como por ejemplo: comprender el concepto de la biodiversidad y aumentarla en el recinto escolar; facilitar los procesos ecológicos de interdependencia entre los seres vivos del huerto y jardines escolares; difundir la importancia ecológica y económica de los polinizadores; valorar el fenómeno de coevolución insecto-planta; reconocer la importancia de la relación de los humanos con los insectos; desarrollar gran parte de los ODS 2030.

LA IMPORTANCIA DE LAS MARIPOSAS

El orden Lepidópteros, que comprende a mariposas y polillas, es el segundo grupo en importancia dentro de la clase de los insectos atendiendo al número de especies, y es sin duda uno de los más bellos. Están en el planeta hace más de 200 millones de años. Constituye un grupo muy diverso con cerca de 300.000 especies en todo el mundo, de las que casi 5.000 se encuentran en la Península Ibérica [1].

Aunque tradicionalmente la polinización se ha asociado a las abejas, muchos otros insectos, coleópteros, lepidópteros, dípteros, hemípteros, contribuyen a la polinización en igual medida que ellas [2]. Como polinizadores, los lepidópteros prestan un servicio ecosistémico fundamental que aporta beneficios relevantes para la supervivencia humana [3,4]. Se estima que el 35% de la producción global de alimentos está constituido por cultivos cuya reproducción depende parcial o totalmente de polinizadores [5]. Es indudable la importancia económica de las mariposas, no sólo como polinizadores sino también por aprovechamientos como la seda y porque, además, las larvas de algunas especies pueden producir plagas agrícolas.

Ecológicamente, su rol como polinizadores ha hecho que se originen espectaculares fenómenos de coevolución insecto-planta. Ayudan a comprender la biodiversidad de nuestro planeta, tanto por la variedad de formas, colores o tamaños como por las interesantes adaptaciones que presentan a diferentes hábitats. Además, en las cadenas tróficas de los ecosistemas son un eslabón fundamental, transformando la proteína vegetal en proteína animal. Las larvas de las mariposas son herbívoras, mientras que los imagos se alimentan de sales minerales y néctar.

¿POR QUÉ Y PARA QUÉ CREAR UN OASIS DE MARIPOSAS?

A pesar de ser un componente clave tanto en la biodiversidad como en la supervivencia de las sociedades humanas, la pérdida significativa de los polinizadores a nivel planetario es cada vez más alarmante [6,7]. Investigaciones recientes [8] revelan que en las próximas décadas podría extinguirse hasta el 40% de las especies de insectos del mundo, siendo los lepidópteros uno de los grupos más afectados. Ante esta preocupación, se han puesto en marcha muchas iniciativas internacionales y locales para estudiar y abordar el problema. Desde los inicios de los 90, en Cataluña se ha desarrollado un BMS (*Butterfly Monitoring Scheme*) cuyos datos apuntan descensos que afectan al 70% de las 66 especies analizadas y corresponden a una reducción poblacional media del 20% por década [9]. Con este panorama, se hace indispensable llevar a cabo programas en los centros educativos que conciencien sobre esta crisis ecológica y que aporten soluciones.

Los objetivos fundamentales de un oasis de mariposas, que vertebran todos los demás planteamientos y actuaciones, son:

- Crear una zona de vegetación en nuestros institutos donde las mariposas (imagos y orugas) autóctonas acudan para alimentarse y completen allí su ciclo biológico.
- Reforzar sus poblaciones naturales favoreciendo la conectividad entre poblaciones cercanas para el mantenimiento de las metapoblaciones de las diferentes especies y facilitar el estudio de su persistencia en nuestro territorio.

El término metapoblación, “población de poblaciones”, fue ideado en un principio para describir un modelo de dinámica poblacional de plagas de insectos en cultivos [10]. Actualmente, el término se usa en ecología para referirse a las poblaciones que se extienden en hábitats fragmentados [11]. Uno de los grandes problemas ambientales de la actualidad es la pérdida de biodiversidad por la destrucción de los hábitats. La fragmentación del área de distribución de una especie en poblaciones más pequeñas conlleva una reducción de la viabilidad de cada una de las mismas debido a la pérdida de variación genética y a las fluctuaciones demográficas intrínsecas y ambientales [12]. Por tanto, la implementación de oasis de mariposas facilita el flujo genético, y con ello la supervivencia, entre núcleos aislados de una metapoblación, además de constituir parcelas de ayuda para especies migratorias.

La gran potencialidad de este proyecto permite plantearse la consecución de muchos otros objetivos como son:

- Comprender el concepto de la biodiversidad.
- Conocer las implicaciones a nivel local y global de la biodiversidad.

- Aumentar la biodiversidad en el recinto escolar.
- Volver la mirada hacia el medio natural en dos municipios con entornos naturales degradados.
- Facilitar los procesos ecológicos de interdependencia entre los seres vivos del huerto y jardines escolares.
- Difundir la importancia ecológica y económica de los polinizadores.
- Motivar a la comunidad educativa en la investigación de procesos naturales y relaciones ecológicas.
- Valorar el fenómeno de coevolución insecto-planta y sus espectaculares resultados evolutivos.
- Disfrutar de la extraordinaria belleza de las mariposas en vuelo libre.
- Desarrollar gran parte de los ODS 2030.

DESARROLLO

Nuestras actividades están dirigidas a la sensibilización en la conservación de las mariposas, el conocimiento de su importancia en los ecosistemas y las relaciones que mantienen con otros seres vivos y el disfrute de su extraordinaria belleza. No se trata de la cría de mariposas en cautividad, sino de reservar un rincón de nuestros institutos para que diferentes especies de **mariposas autóctonas** se desarrollen **en libertad**.

La creación de los jardines de mariposas se ha articulado en tres fases:

1. Estudio de las mariposas:

- Localización y reconocimiento de las especies de mariposas de la zona, tanto en fase de imago como de oruga.
- Fenología de los ciclos biológicos de cada especie (elaboración de un calendario).
- Reconocimiento del paso migratorio de algunas especies.
- Identificación de las plantas nectaríferas, alimento de los adultos, y plantas nutricias, alimento de las orugas.

2. Creación del jardín:

- Selección del área de actuación.
- Acondicionamiento para el ajardinado.
- Recolección de semillas de los vegetales indicados para cada especie.
- Viverismo: germinación y desarrollo de plantas en contenedores.
- Introducción de las plantas en el jardín (semillas o plantones).
- Diseño del sistema de riego.
- Labores estacionales de mantenimiento.
- Cartelería: colocación de rótulos y paneles explicativos en las inmediaciones del oasis.

3. Integración curricular:

Estos jardines son un recurso pedagógico de gran valor para el alumnado, pues fomentan las vocaciones científicas, el amor a la naturaleza y la sensibilidad ambiental. Son fuente de conocimiento que conecta los contenidos del libro de texto con la realidad, pudiendo usarse tanto de forma puntual como de forma continua y transversal con las diferentes actividades que se proyecten en torno al jardín.

Desde el punto de vista de la educación ambiental, tienen un valor indiscutible pues contribuyen a la divulgación de los valores ambientales y su problemática en Andalucía. Son un potente recurso educativo con el que se abarca una enorme variedad de contenidos curriculares, susceptibles de ser abordados en todos los niveles, tanto de primaria como de secundaria o bachillerato. En este sentido, ya se han realizado algunas propuestas didácticas con anterioridad [13] pero se han desarrollado desde un punto de vista más botánico que zoológico, centrándose en las adaptaciones de las plantas a las diferentes formas de polinización más que en los propios polinizadores.

Los saberes científicos que pueden abordarse, especialmente en las asignaturas de Biología, Geología y Medio Ambiente de 1º de ESO, 4º de ESO y 1º de bachillerato, aunque en 3º de ESO se pueden tocar desde el punto de vista medioambiental, son los siguientes:

	ESO			BACH.
	1º	3º	4º	1º
Taxonomía de insectos; iniciación a nomenclatura y categorías taxonómicas.	X			X
Anatomía y fisiología de artrópodos.	X			X
Dimorfismo sexual en algunos imagos.	X			X
Nutrición. Adaptaciones de los diferentes aparatos bucales de larvas e imagos a los diferentes tipos de nutrición (masticadores, succionadores, espiritrompas...)			X	X
Relaciones ecológicas con las plantas: polinización, depredación y herbivoría.	X		X	X
Relaciones evolutivas con las plantas: coevolución insecto-planta.			X	X
Adaptaciones morfológicas: adaptaciones al vuelo, camuflaje, mimetismo y señalización de peligro.			X	X
Dinámica estacional de las poblaciones: migraciones, locales, altitudinales y latitudinales e hibernación.			X	X
Dinámica espacial de las poblaciones: metapoblaciones y territorialidad.			X	X
Bioindicadores que muestran el estado de salud de nuestro medio natural.	X	X	X	X
Sensibilización sobre el declive de estos insectos debido a la acción humana con la fragmentación y los cambios del uso del suelo, la agricultura intensiva y el uso de plaguicidas, el turismo, los incendios, y quizás también el cambio climático, entre otros.	X	X	X	X
Voluntariado ambiental y ciencia ciudadana: los registros que se recojan pasan a formar parte de una base de datos a disposición de la Administración y otras entidades europeas para colaborar en la conservación de las mariposas andaluzas e ibéricas.	X	X	X	X

Además de esto, durante la construcción y mantenimiento de los jardines se pueden abordar otros contenidos como taxonomía vegetal, nomenclatura de Linneo, especies vegetales autóctonas de interés para las mariposas andaluzas y locales (según el enclave geográfico de cada oasis), propagación de plantas, germinación, tratamientos para romper el letargo, plantación y mantenimiento del jardín, estudio de las necesidades hídricas de las plantas y diseño del sistema de riego.

La integración en las asignaturas del ámbito de las ciencias naturales es evidente pero también puede hacerse con facilidad en otras asignaturas: mariposas en la literatura, en el arte y en la música; migraciones, distribución geográfica y climatología en Geografía; el efecto mariposa, fractales y teoría del caos en Matemáticas; mariposas en la mitología, etc. De manera que puede llevarse a cabo un proyecto coordinado entre todos los departamentos a nivel de centro.

RESULTADOS



Figura 1. Vista parcial y cartel del oasis de mariposas del IES Cerro Milano.

Tanto en el IES Cerro Milano como en el IES Luz del Mar hemos conseguido encontrar un espacio para nuestros Oasis de Mariposas.

En el caso del IES Cerro Milano, dado que prácticamente la totalidad del patio se encuentra cubierta de hormigón, hemos recurrido a un espacio exterior adyacente a la valla del instituto. Este espacio, propiedad del Ayuntamiento de Alhama de Almería, consiste en una jardinera amplia que contaba con tres árboles, ejemplares grandes de *Ficus benjamina*, y un arbusto de *Viburnum lantana* (especie, aunque foránea, muy atractiva para las mariposas) (**Fig. 1**). Con esta actuación se ha logrado que el Ayuntamiento se implique en el proyecto y nos brinde su total apoyo. Hemos recolectado semillas de especies autóctonas y producido nuestras propias plantas, que se han introducido en el oasis. Contamos con una toma de agua, a la que hemos conectado un sistema de riego por goteo. Recientemente, hemos puesto en marcha el proyecto Aulas Verdes Abiertas, cuya dotación económica, concedida por la Junta de Andalucía, nos ha permitido renaturalizar el patio eliminando 150 m² de hormigón, área que será destinada a la creación de un *arboretum* y un nuevo oasis de mariposas en el interior del instituto.

Además de trabajar los contenidos en todos los cursos, tal y como se indicó en el apartado anterior, también se han desarrollado muchos aspectos didácticos con los alumnos, tales como elaboración de fichas de mariposas y las plantas que las alimentan específicamente (**Fig. 2**), infografías informativas sobre "¿qué es un oasis de mariposas?", identificación y caza fotográfica de las diferentes especies de mariposas del entorno próximo, identificación de larvas de las diferentes especies y estudio de su aposematismo, estudio de los ciclos vitales. Con el objetivo de aumentar la presencia de hinojo, planta nutricia de la mariposa macaón (*Papilio machaon*) en las proximidades del centro, se llevó a cabo el lanzamiento de bombas de semillas con esta especie, coincidiendo con la efeméride del Día de la Paz, actividad que denominamos "Bombas de la Paz".



Figura 2. Fichas de mariposas del IES Cerro Milano y del IES Luz del Mar.

Como actividad complementaria al estudio de las mariposas se construyeron Hoteles de Insectos, que se han colocado en nuestro huerto escolar. De la misma manera, se ha aprovechado la celebración de varias efemérides para trabajar el tema (**Fig. 3**).



Figura 3. Celebración de efemérides.

El instituto IES Luz del Mar, de nueva construcción, cuenta con un jardín perimetral dotado de riego por goteo, con un seto de romero, otras plantas aromáticas distribuidas por diferentes zonas y árboles y arbustos bastante jóvenes, plantados apenas hace 5 años, resultado de la actuación conjunta de toda la comunidad educativa y la colaboración del Ayuntamiento de El Ejido junto a distintas entidades privadas que donaron el compost, la plantas y la instalación del riego. En este jardín queremos delimitar una zona de trabajo específica para incluir plantas nutricias y nectaríferas de mariposas, recuperando el vivero con el que inicialmente se contaba, además del banco de semillas que ya está en marcha (**Fig. 4**).

En una fase inicial, celebramos en el patio del centro una jornada con el lema “Estudiantes por el Clima” que incluía pintar un bello y enorme grafiti con el logotipo que nuestro instituto ha elegido para la Ecoescuela, y cuatro talleres complementarios. Para su realización contamos con la colaboración de la Federación de Mujeres del Poniente y la Alpujarra por la Igualdad que tiene en marcha el proyecto “Cambio Climático en el Poniente Almeriense, un acercamiento feminista”, cuyo objetivo es visualizar la situación de emergencia climática en la que estamos inmersos, vinculándola a la industria agrícola de este territorio y a la ciudadanía, al mismo tiempo que le da un valor pedagógico a nuestro patrimonio natural y cultural.

Los talleres que se desarrollaron son: “UN HOTEL DE INSECTOS PARA MI JARDÍN”, para construir estructuras de madera que, instaladas en nuestro huerto y jardines, sirvan de refugio a insectos polinizadores y controladores de plagas; “BOMBAS PARA MI JARDÍN”, para elaborar bombas de semillas con un enorme potencial de germinación en los alrededores cercanos a la zona de aparcamiento; “FLORES PARA MI JARDÍN” que brinda la oportunidad al alumnado de traer macetas y trasplantarlas en el jardín del instituto para cuidarlas y apadrinarlas, lo que nos ha permitido montar un pequeño vivero de plantas aromáticas; y el taller “COLORES Y ARTE PARA MI JARDÍN” con la elaboración de pinturas a la témpera en grandes paneles de cartón donde el alumnado ha podido expresar su creatividad y sensibilidad sobre la naturaleza más cercana.

Con el alumnado de 1º de ESO, estudiamos los insectos polinizadores y diferentes especies de mariposas diurnas comunes en la zona. Para cada especie, el alumnado ha recopilado información sobre la taxonomía, el hábitat, su distribución y sus características más destacadas, acompañando siempre esta información con una buena fotografía de esos ejemplares.

En clase, compartimos un *padlet* que se va nutriendo de fotos de la flora y fauna del entorno más cercano. Los paseos por la ciudad o el invernadero familiar son lugares ideales para captar insectos y mariposas llamativas.



Figura 4. Oasis de mariposas del IES Luz del Mar.

Confiamos en que, con el tiempo, el jardín y el huerto se irán consolidando, al mismo tiempo que se convierte en un proyecto interdisciplinar que implica a toda la comunidad educativa.

CONCLUSIONES

Este proyecto ecosocial nos permite abordar multitud de saberes en el ámbito de las ciencias naturales en secundaria. Es un proyecto que puede desarrollarse de manera coordinada a nivel de centro de modo que participen todos los alumnos y los departamentos didácticos conjuntamente.

La creación de los jardines queda perfectamente articulada en etapas. No obstante, nos hemos encontrado con las siguientes dificultades: disponer de un espacio dentro del recinto de nuestros centros susceptible de ser cultivado; los suelos deben ser mejorados para cultivo, debiéndose aportar sustratos que mejoren su calidad; disponer de tomas de agua próximas para elaborar el sistema de riego; falta de recursos necesarios para realizar cartelería en color apta para la intemperie; escasez de recursos para la adquisición de sustrato y material de vivero; imposibilidad de concluir la construcción del oasis durante las horas de trabajo, empleando para ello parte de nuestro tiempo libre. La recolección de semillas la hemos realizado las responsables del proyecto. No se ha podido hacer con los alumnos pues coincide con época de vacaciones e implica el uso de transporte (lo que encarece el proyecto).

Esta actividad también nos ha permitido plantearnos un nuevo objetivo, más ambicioso, para un futuro próximo: crear una **RED DE OASIS DE MARIPOSAS** con los jardines de los centros educativos de toda Andalucía, en el marco de la Red Andaluza de Ecoescuelas, extensible a una red de rango más amplio (nacional, continental...).

La perspectiva de metapoblación hace que este proyecto sea ideal para trabajar en red. La creación de una red de oasis de mariposas facilitaría la conexión de las poblaciones locales en un territorio cada vez más fragmentado, antropizado y degradado, contribuyendo a su conservación. Además, estos jardines constituirían un gran apoyo para los movimientos de las especies con migraciones de largo recorrido, como es el caso de *Vanessa cardui* y *V. atalanta*, pues asegurarían una oferta de alimento a lo largo y ancho del territorio andaluz en diferentes épocas del año.

Esta red de oasis de mariposas es susceptible de ser integrada en las redes nacionales, europeas y mundiales de observación de mariposas y sus movimientos migratorios. Algunas asociaciones como la Asociación Zerynthia [14] o la Asociación Plántate [15], con las que colaboramos estrechamente, están llevando a cabo iniciativas de este tipo tanto en ayuntamientos como en centros educativos.

MÁS INFORMACIÓN

Enlace a la presentación del congreso

<https://proyecto-oasis-de-mariposas.my.canva.site/>

Oasis de mariposas del IES Cerro Milano

<https://sites.google.com/iescerromilano.org/pypecoescuelas/oasis-de-mariposas?authuser=0>

Juegos que hemos diseñado para conocer los nombres de las mariposas. ¡Anímate y juega!

<https://disputant-pot.000webhostapp.com/>

<https://auricular-officer.000webhostapp.com/>

Publicación de la Jornada "Estudiantes por el Clima" en el IES Luz del Mar

<https://telegra.ph/JORNADA-ESTUDIANTES-POR-EL-CLIMA-12-20>

Padlet "Pastor de Mariposas" IES Luz del Mar.

<https://padlet.com/soledadcalleon/Bookmarks>

BIBLIOGRAFÍA

- [1] STEFANESCU, C., AGUADO, L.O., ASÍS, J.D., BAÑOS-PICÓN, L., CERDÁ, X., MARCOS GARCÍA, M.Á., MICÓ, E., RICARTE, A., TORMOS, J. (2018) "Diversidad de insectos polinizadores en la península ibérica". *Ecosistemas* 27(2): 9-22.
- [2] RADER, R., BARTOMEUS, I., GARIBALDI, L.A., GARRATT, M.P., HOWLETT, B.G., WINFREE, R. (2016) Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113: 146-151.

- [3] KREMEN, C., WILLIAMS, N. M., AIZEN, M. A., GEMMILL-HERREN, B., LEBUHN, G., MINCKLEY, R., RICKETTS, T. H. (2007) "Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change". *Ecology Letters* 10(4): 299-314.
- [4] GARIBALDI, L. A., STEFFAN-DEWENTER, I., WINFREE, R., AIZEN, M. A., BOMMARCO, R., CUNNINGHAM, S. A., KLEIN, A. M. (2013) "Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance". *Science* 339 (6127): 1608-1611.
- [5] KLEIN, A. M., VAISSIÈRE, B. E., CANE, J. H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S. A., KREMEN, C., TSCHARNTKE, T. (2007) "Importance of pollinators in changing landscapes for world crops". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274(1608): 303-313.
- [6] ROSADO GORDÓN, M. Á., ORNOSA (2002) Polinizadores y biodiversidad. Asociación Española de Entomología, Jardín Botánico Atlántico y Centro Iberoamericano de la Biodiversidad, eds.
- [7] BARTOMEUS, I., BOSCH, J. (2018) Pérdida de polinizadores: evidencias, causas y consecuencias. *Ecosistemas* 27(2): 1-2.
- [8] SANCHEZ-BAYO, F., WYCKHUYS, K. A. (2019) "Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers". *Biological Conservation* 232: 8-27.
- [9] MELERO, Y., STEFANESCU, C., PINO, J. (2016) "General declines in Mediterranean butterflies over the last two decades are modulated by species traits". *Biological Conservation* 201: 336-342.
- [10] LEVINS, R. (1969) "Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control", *Bulletin of the Entomological Society of America* 15: 237-240.
- [11] HANSKI, I. (1999) *Metapopulation ecology*. Oxford University Press.
- [12] GUTIÉRREZ, D. (2002) "Metapoblaciones: un pilar básico en biología de conservación". *Ecosistemas* 2002/3.
- [13] BARANZELLI, M. C., BOERO, L., CÓRDOBA, S. A., FERREIRO, G., MAUBECIN, C. C., PAIARO, V., RENNY, M., ROCAMUNDI, N., SAZATORNIL, F., SOSA-PIVATTO, M., SOTERAS, F. (2018) "Socios por naturaleza: una propuesta didáctica para comprender la importancia de la interacción mutualista entre las flores y sus polinizadores". *Enseñanza de las ciencias*, 36(1), 181-200.
- [14] Asociación Zerynthia. www.asociacion-zerynthia.org
- [15] Asociación Plántate. https://www.instagram.com/asociacion_plantate/

MÁS ALLÁ DEL BICARBONATO Y EL VINAGRE: SENCILLOS RECURSOS DIDÁCTICOS PARA EXPLICAR LA ERUPCIÓN DE LA PALMA

Antonio Eff-Darwich^{1,2}, María Betsabé Díaz-León³, Caterina Rodríguez de Vera⁴,
Sara González Pérez¹, Iván Álvarez-Arteaga³, Mariana Berazategui Tricanico³

¹ Facultad de Educación, Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de La Laguna, S/C de Tenerife (España).

² Instituto Volcanológico de Canarias, C. Álvaro Martín Díaz, 1, 38320, La Laguna, S/C de Tenerife (España).

³ Cienci@ULL, Fundación General Universidad de La Laguna, La Laguna, S/C de Tenerife (España).

⁴ IES Granadilla de Abona, Av. Mencey de Abona, 0, 38600, Granadilla de Abona, S/C de Tenerife (España).

Palabras clave: educación primaria; volcán; erupción; modelo.

Keywords: primary education; volcano; eruption; model.

Resumen

En este trabajo mostramos algunos resultados de una actividad formativa para profesorado y alumnado de educación primaria, llevada a cabo dentro del programa educativo 'Ciencia a lo Grande' del Cabildo de Tenerife y la Universidad de La Laguna. Hemos diseñado un recurso didáctico para explicar cómo entra en erupción un volcán, utilizando un juego de jeringuillas y llaves de paso. Este recurso se puso en práctica con los alumnos de los centros educativos de los profesores que se estaban formando en el programa 'Ciencia a lo Grande'. Mostramos el impacto del taller en el conocimiento adquirido por los alumnos sobre los fundamentos físicos de una erupción, mediante el análisis de los resultados de cuestionarios pre-test y post-test.

Abstract

In this work, we present some results from a training activity for primary education teachers and students, carried out as part of the educational program 'Ciencia a lo Grande' by Cabildo de Tenerife and University of La Laguna. We have designed a teaching resource to explain how a volcano erupts, using a set of syringes and stopcocks. This resource was implemented with students from the schools of the teachers who were undergoing training in the 'Ciencia a lo Grande' program. We demonstrate the impact of the workshop on the knowledge acquired by the students about the physical fundamentals of an eruption, through the analysis of pre- and post-test results.

1. INTRODUCCIÓN

Durante el último cuarto del año 2021, la isla de La Palma (Islas Canarias, España) sufrió los efectos devastadores de una erupción volcánica, la del Tajogaite. Desde el punto de vista científico, la erupción de La Palma marcó un antes y un después en la vigilancia y seguimiento de una erupción llevada a cabo por centros de investigación españoles. No podemos decir lo mismo desde el punto de vista educativo y de preparación de la población ante este tipo de fenómenos [1]. En este sentido, en toda la comunidad autónoma canaria solo existe un programa educativo no formal sobre el fenómeno volcánico [2]. Para paliar la falta de iniciativas para mejorar la educación formal sobre los fenómenos volcánicos, presentamos la metodología que hemos desarrollado para formar al profesorado (y alumnado) de educación primaria sobre lo ocurrido antes y durante la erupción de La Palma, como punto de partida para incluir el riesgo volcánico en el currículo educativo de la Comunidad Autónoma Canaria [3].

En este contexto, el programa educativo Ciencia a lo Grande [4] patrocinado por el Cabildo Insular de Tenerife y coordinado desde la Unidad de Cultura Científica de la Universidad de La Laguna, Cienci@ULL, llevó a cabo

en el curso 2023-2024 un proyecto formativo para profesorado y alumnado de educación primaria sobre un aspecto muy particular del fenómeno volcánico: ¿cómo se produce una erupción? Más allá del socorrido e inexacto experimento del vinagre y el bicarbonato, el verdadero motor de las erupciones como la ocurrida en La Palma puede servir como un interesante recurso educativo que puede abarcar distintos saberes del currículo de educación primaria.

Una erupción como la del Tajogaite se produce cuando se rompe el equilibrio entre las fuerzas internas que tienden a expandir la cámara magmática asociada a la erupción y las fuerzas externas que la contienen. En el escenario más habitual, la sobrepresión de la cámara, causada por la acumulación de gases o la inyección de nuevo magma, no suele ser lo suficientemente rápida o tener la suficiente magnitud para vencer la resistencia de las capas de roca que rodean a la cámara. Estas capas terminan absorbiendo la inyección extra de energía en forma de grietas que no llegan a alcanzar la superficie. Sin embargo, si la presión interna supera la resistencia de las capas de rocas circundantes, la cámara se “hincha” elásticamente y, como consecuencia, se producen grietas que sí alcanzan la superficie. La erupción consistirá en la salida violenta del magma que alivia la presión mediante el “desinflado” de la cámara, hasta que el conjunto vuelva al equilibrio inicial de fuerzas. Aunque estos procesos suelen ir acompañados de terremotos (por la propagación de grietas), deformaciones del terreno o anomalías gaseosas, prever una erupción con antelación sigue siendo un desafío. Vemos que los procesos que tienen lugar antes y durante una erupción poco tienen que ver con la mezcla química de vinagre y bicarbonato [5,6], y mucho que ver con procesos físicos como diferencias de presión, de temperatura, el calor, la elasticidad o las transferencias de energía [7].

2. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Para realizar la transposición didáctica de los procesos que dan lugar a una erupción, hemos diseñado un sencillo recurso consistente en dos jeringuillas interconectadas, donde una de las jeringuillas representa la cámara magmática, mientras que la otra representa los procesos que inducen la sobrepresión necesaria para la erupción (véase **figura 1**). Hay, además, tres llaves de paso que controlan el llenado y descarga de la “cámara magmática”, así como el aumento de la presión en ella (vídeo del recurso en [8]). Existe una única disposición de las llaves que permite inyectar “magma” en la jeringuilla 1 desde el contenedor profundo 3 (que es simplemente un vaso plástico con agua y tinte). Otra disposición única de llaves permite introducir aire externo en la jeringuilla de presión 2. Este aire puede ser inyectado, combinando las llaves de paso, en la jeringuilla 1 para aumentar su presión. A fin de aliviar la sobrepresión en la jeringuilla 1, debemos colocar las llaves de paso de forma que el “magma” contenido en la jeringuilla 1 salga violentamente por el tubo que parte de la llave 4 hasta el cráter del volcán.

Este conjunto de jeringas, llaves y tubos no solo es un recurso de bajo coste para explicar los procesos físicos que inducen una erupción, sino que es además un juego para promover el pensamiento computacional, donde las llaves de paso son, en realidad, llaves lógicas del tipo AND, OR, NOT y todo el proceso eruptivo corresponde a una cadena de comandos.

Como parte de la formación en el fenómeno volcánico de los docentes de educación primaria participantes en el programa Ciencia a lo Grande 2023-2024, llevamos la actividad de las jeringuillas a sus respectivos centros educativos. En el proyecto participaron un total de 882 escolares (entre los 6 y los 12 años), correspondientes a 47 grupos-clase, así como una treintena de profesores de 11 centros educativos. Para esta investigación, solo hemos considerado la muestra que abarca los cursos de 3º a 6º, con 521 escolares, y 26 grupos-clase (véase **tabla 1**).



Figura 1. Transposición didáctica de los procesos físicos que ocurren durante una erupción volcánica. La jeringuilla 1 se conecta al contenedor de líquido 3 y a la jeringuilla de presión 2 mediante unos tubos regulados por las llaves de paso 4, 5 y 6.

Tabla 1. Distribución por niveles y sexo de los alumnos participantes en esta investigación.

Curso	Femenino	Masculino	NS/NR
3º Educación Primaria	40	53	1
4º Educación Primaria	46	61	3
5º Educación Primaria	69	74	0
6º Educación Primaria	81	91	2

erupción volcánica y se describía la analogía con el juego de jeringuillas. Los alumnos, en grupos reducidos, tenían entonces que manipular el conjunto de llaves, jeringuillas y recipiente de agua para lograr inyectar agua y aire a presión a una de las jeringuillas y de esa manera provocar la erupción (véase **figura 3**). Una vez finalizada la intervención se emplean los últimos 15 minutos de la sesión para la entrega y realización de otros dos instrumentos de medición: el primero, denominado Volcano Final Test (VFT en la **figura 2**), para conocer si ha habido una mejora en la comprensión de lo que es una erupción, y el segundo una encuesta de satisfacción sobre los talleres.

Los cuestionarios pre- y post-test consisten en responder una misma pregunta, “¿qué es un volcán?”, y dibujar lo que es una erupción. El dibujo que hacen antes del taller es a lápiz, mientras que tras el taller deben usar rotuladores de colores para modificar o mejorar el dibujo inicial.

The figure shows three questionnaires used in the study. The first, 'Volcano Test (VT)', is a pre-test questionnaire asking '¿Qué es un volcán?' and '¿Tienen alguna idea de por qué los volcanes entran en erupción?'. The second, 'Volcano Final Test (VFT)', is a post-test questionnaire asking '¿Qué es un volcán?' and '¿Qué añadirías al dibujo anterior?'. The third, 'Cuestionario Satisfacción (CVE)', is a satisfaction questionnaire with four questions about the workshop, each with a rating scale from 1 to 10. All questionnaires have a header with 'Nombre:' and 'Curso:' fields and a logo for 'CIENCIA A LO GRANDE'.

Figura 2. Cuestionarios de conocimientos y satisfacción que tenían que rellenar los alumnos participantes en el taller de Fontanería Volcánica.

3. RESULTADOS

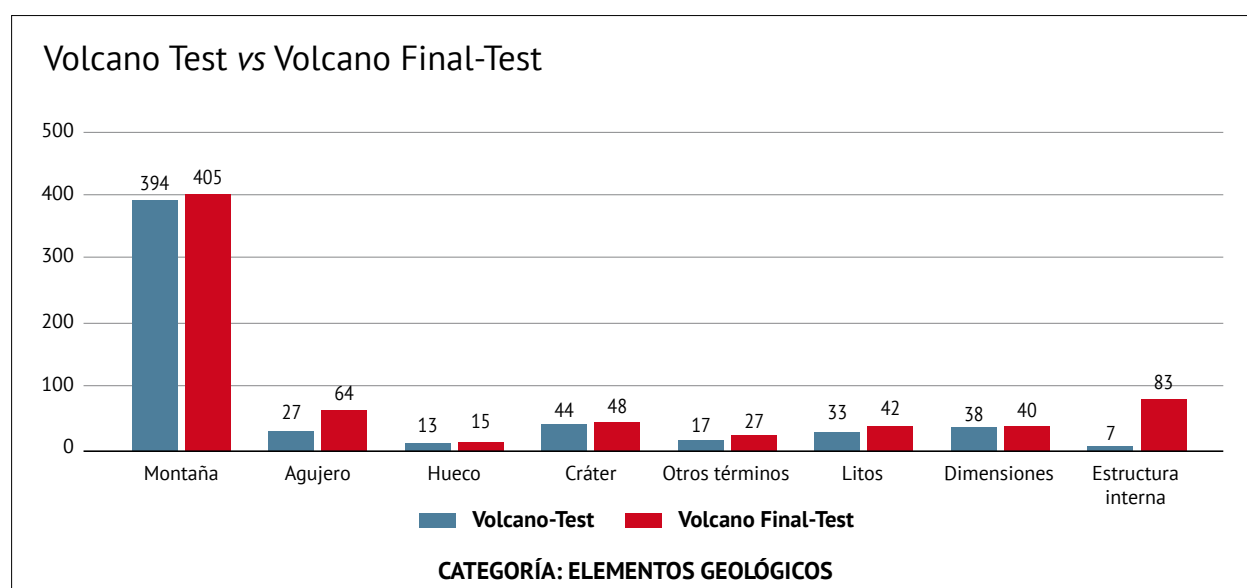
La gestión de los datos cualitativos se realizó por medio de una categorización inductiva, permitiendo identificar las relaciones emergentes [9]. En este sentido, tras analizar los resultados a la pregunta “¿Qué es un volcán?” del Volcano-Test (VT) y del Volcano Final-Test (VFT), se procedió a realizar una categorización de los resultados, como se presenta en la **tabla 2**.



Figura 3. Un grupo de escolares de primaria manipula el juego de jeringuillas a fin de provocar la “erupción de agua”.

Tabla 2. Categorización inductiva a la pregunta “¿Qué es un volcán?”.

Categoría	Subcategoría	Descripción	Ejemplo
(1) Elementos geológicos	Montaña Cráter Hueco Agujero Otros términos Dimensiones Estructura interna	Estos términos hacen referencia a variedad de características y fenómenos relacionados con la composición, morfología de una estructura volcánica	“Una montaña con un cráter por dónde puede salir lava, piedras y cenizas. También ese volcán puede crear islas como a nosotros, Las Islas Canarias”
(2) Materiales	Lava Magma Ceniza Humo y gases	Estos términos hacen referencia a los materiales involucrados en una erupción volcánica	“un volcán es como una montaña que es grande y erupciona la lava esta por debajo y después sale por arriba y sale humo”
(3) Causalidad volcanológica	Acumulación de magma Aumento presión Movimiento de placas Ruptura de corteza Enfriamiento y solidificación Explosión y emisión de material volcánico Calor	Expresan términos relacionados con una variedad de procesos y fenómenos que están involucrados en las erupciones volcánicas	“un volcán es una montaña que llegado el tiempo por la presión de la cámara magmática expulsa lava por uno de sus conductos”
(4) Riesgos	Daños Peligros	Expresan términos relacionados con los riesgos que pueden ocasionar las erupciones volcánicas	“creo que que un volcán es una montaña grande que si interior esta conectado con el centro de la tierra por eso cuando erupciona sale un monton de lava que es magma derretido que destruye y quema”
(5) Relación con otros volcanes	El Teide Volcán de la Palma (Tajogaite) Otros volcanes	Relaciona con volcanes	“Es una montaña volcánica que emerge del fondo del mar. El volcán explota cuando las placas tectónicas de debajo del mar empiezan a temblar. El volcán de la Palma”

**Figura 4.** Número de respuestas en la categoría de Elementos Geológicos en función de las subcategorías.

En los VT y VFT, la categoría más utilizada fue la de Elementos Geológicos (véase **figura 4**), en particular la subcategoría de “montaña”, que aparece en más de un 80% de las respuestas en ambos cuestionarios. Este resultado marca la dirección de futuras modificaciones del taller, ya que los volcanes no son montañas. Este error es muy común en la toponimia de Canarias, donde muchos volcanes reciben el nombre de montañas (Montaña Samara, Montaña de la Botija, Montañas de Erjos, Montaña Mostaza, ...).

La segunda categoría más recurrente en VT y VFT fue la de Causalidad Vulcanológica (véase **figura 5**), con más de un 75%. Este indicador alude a cualquier fenómeno o concepto que los alumnos pudieran asociar con el origen de una erupción volcánica. Dentro de esta categoría, la subcategoría con mayor frecuencia fue la de “explosión y emisión de material volcánico” con un 56.4% en el VT. La prevalencia de esta subcategoría podría indicar un conocimiento superficial, ya que constituye uno de los aspectos más llamativos y dramáticos de una erupción, capturando fácilmente la atención de los estudiantes y generando un impacto visual significativo.

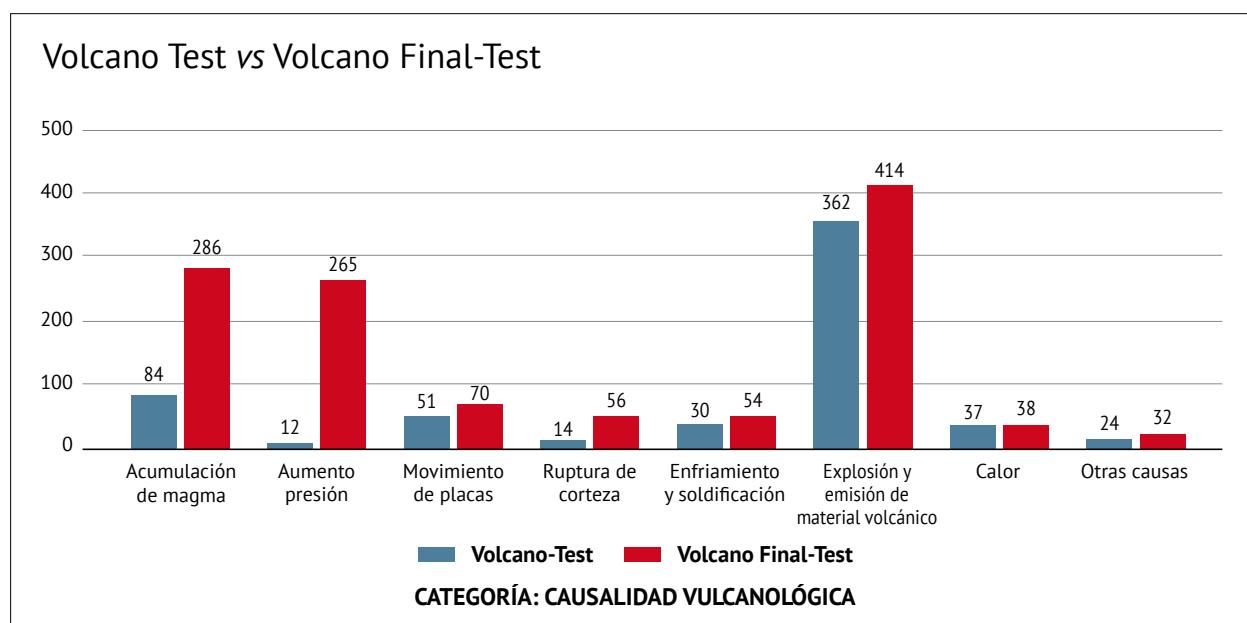


Figura 5. Número de respuestas en la categoría de Causalidad Vulcanológica en función de las subcategorías.

Por otro lado, es bastante revelador cómo las subcategorías de “acumulación de magma” y, sobre todo, “aumento de presión” tienen un aumento considerable en su frecuencia de aparición tras la realización del taller. Es un resultado muy prometedor que nos invita a pensar en analizar en futuras investigaciones la retención de estos conceptos en el tiempo y, sobre todo, si han sido utilizados de manera correcta en la descripción de lo que es una erupción, al margen de que sean usados con más frecuencia.

Como dato curioso, cabe destacar que algunos alumnos (N=24) mencionaron el tiempo (asociado a adjetivos como “dormido” o “despierto”) como motivo que provoca una erupción volcánica. Estos son algunos ejemplos literales: “un volcán es una montaña que entra en erupción con el paso del tiempo”, “es una montaña diferente a las demás porque tiene lava en su interior y que cuando pasa mucho tiempo erupciona, que es que la lava sale disparada” o “un volcán es una montaña que esta dormida un tiempo y después erupciona”. Esto sugiere una interpretación antropomórfica de los procesos geológicos ya que los estudiantes utilizan conceptos como “dormido” y “despierto” para personificar la actividad volcánica y tratar de comprenderla en términos más familiares para ellos. Esta tendencia podría reflejar una comprensión simplificada o una falta de conocimiento sobre los procesos geológicos reales que causan las erupciones volcánicas.

Respecto a la categoría de Materiales (véase **figura 6**), es evidente que hay un significativo aumento de la frecuencia en la que se utiliza la subcategoría “magma”. Como se comentó en el caso de la subcategoría de “acumulación de magma”, es necesario analizar con detenimiento si el concepto se utiliza de manera correcta a la hora de describir una erupción. Es este un trabajo a realizar próximamente.

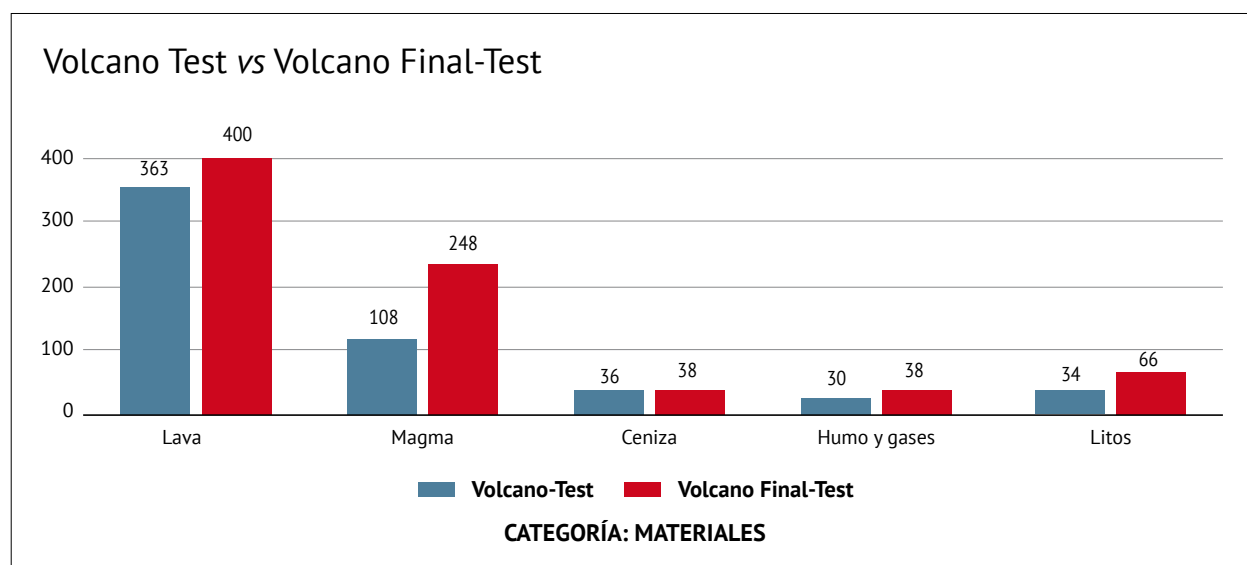


Figura 6. Número de respuestas en la categoría de Materiales en función de las subcategorías.

Es muy interesante que el porcentaje de alumnos que mencionaron la categoría de Riesgos o Relación con Volcanes de Canarias es muy bajo (menor del 7%) y no mejoró después del taller. Esto puede indicar la poca percepción que tiene el alumnado sobre el territorio en el que vive y los riesgos asociados a ello. Este resultado es algo preocupante y debe servir para incidir con el alumnado de primaria de Canarias sobre los riesgos y beneficios de vivir en un territorio volcánico.

Del análisis preliminar de los dibujos realizados por los alumnos (véase ejemplo en la **figura 7**), vemos que la amplia mayoría de los alumnos coinciden en caracterizar los volcanes como estructuras de gran tamaño y con una forma cónica, representando el 97.5% de las respuestas. Esta percepción podría estar influida por la familiaridad con El Teide, un edificio volcánico prototípico en la isla de Tenerife, donde residen los estudiantes de esta muestra. Asimismo, la mayoría de los estudiantes representaron los volcanes de forma aislada o rodeados por otras “montañas”, con poca vegetación (4.8%), presencia de personas y animales (7.9%), o agua (1.2%). La representación promedio de lo que es un volcán sugiere que los alumnos tienen una visión estereotipada alejada de la realidad geográfica que los rodea. Al igual que ocurre con las pruebas de redacción, en la representación gráfica se aprecia que hay un significativo aumento de la subcategoría “aumento de presión”, ya que pasa de estar descrito solo en 5 dibujos del VT a más del 255 en el VFT. En el caso de la “acumulación de magma” se pasa de estar descrita en 33 dibujos en el VT a 244 en el VFT. Como ya se comentó anteriormente, es necesario analizar en profundidad si este aumento en la frecuencia en que aparecen esos términos va acompañado de su comprensión.

Y, finalmente, respecto al índice de satisfacción del alumnado con los talleres (véase **figura 2**), la nota media atribuida fue de 10, lo que indica un alto nivel de satisfacción por parte de los participantes. Este resultado es respaldado por la calificación de 9 obtenida en la segunda pregunta, la cual evaluaba el nivel de comprensión alcanzado durante el taller. La experiencia del taller ha despertado un mayor interés por la ciencia en los estudiantes, obteniendo una calificación media de 9. Esto sugiere que el taller ha cumplido

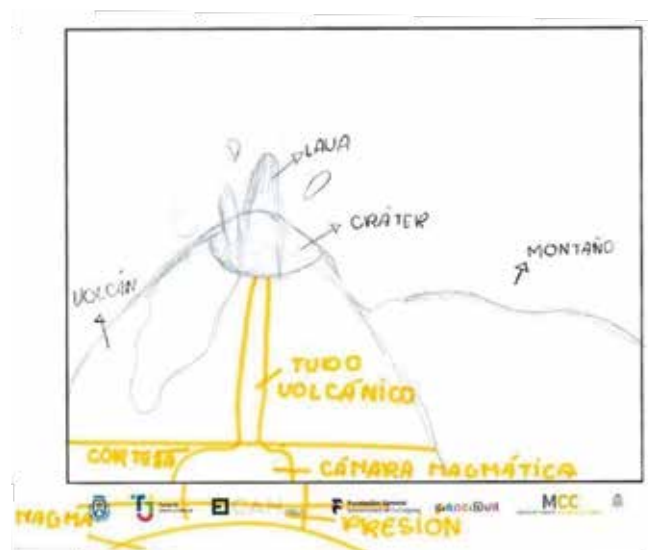


Figura 7. Ejemplo de dibujo de un alumno en el VT (lápiz) y VFT (con rotulador de color amarillo).

con éxito su objetivo de estimular la curiosidad y el entusiasmo por el conocimiento científico. Por último, es destacable que la mayoría de los participantes disfrutaron y encontraron entretenido el taller, otorgándole una calificación promedio de 10.

4. CONCLUSIONES

Los resultados estadísticos indican que tras utilizar el recurso los alumnos interiorizan el papel que tiene la presión antes y durante el proceso eruptivo y, en general, comprenden la secuencia de eventos que ocurre. Nos llamó la atención la dificultad que encontraban los alumnos en combinar las llaves de paso para provocar la erupción. Ciertamente es que los talleres duraban aproximadamente unos 90 minutos, tiempo que definitivamente era escaso, pero también cabe pensar que ni los alumnos están acostumbrados a llevar a cabo estas rutinas de pensamiento, ni el profesorado a trabajar el pensamiento computacional de forma práctica e interdisciplinar. En cualquier caso, consideramos que la transformación de este taller en una Situación de Aprendizaje, utilizando las actividades y recursos disponibles, y prolongando su duración, podría conducir a un impacto más profundo y sostenido en la comprensión y aplicación de los conceptos vulcanológicos por parte de los estudiantes.

Es evidente que el fenómeno volcánico va más allá de entender los procesos físicos y químicos que están detrás de una erupción, por lo que será necesario - y en eso estamos trabajando - diseñar y llevar a la práctica otras actividades y recursos para entender cómo se vigila un volcán y cuál es su impacto sobre aspectos tales como la agricultura, la arquitectura, el turismo y un largo etcétera.

En definitiva, creemos que un recurso tan sencillo, pero conceptualmente riguroso, como es el juego de jeringuillas debería reemplazar a la clásica demostración de la reacción química entre el bicarbonato y el vinagre, a la hora de explicar los fundamentos que controlan una erupción volcánica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del proyecto agradecen el apoyo y financiación por parte del Servicio de Educación y Juventud del Cabildo Insular de Tenerife, a través del programa Ciencia a lo Grande, al Museo de la Ciencia y el Cosmos, y a la coordinación por parte de la Unidad de Cultura Científica de la Universidad de La Laguna, Cienci@ULL.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] PERALES-PALACIOS, F. J., CARRILLO-ROSÚA, J., GARCÍA-YEGUAS, A., VÁZQUEZ VÍLCHEZ, M. (2021) Los volcanes: algunas perspectivas para un conocimiento científico y didáctico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(3), 3105. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3105
- [2] <https://involcan.org/publicaciones/canarias-una-ventana-volcanica-en-el-atlantico/>
- [3] (2023) Gobierno de Canarias. Currículos de la Educación Primaria. [En línea], disponible en: <https://www.gobiernodecanarias.org/educacion/web/primaria/informacion/contenidos/curriculos/> [Consultado el 15/02/2024].
- [4] <https://www.ull.es/porta/cienciaull/ciencia-a-lo-grande/>
- [5] BELLACICCO, L. (1985) Volcano! Let's make one, *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, 22:4, 30-35, doi: 10.1080/00368121.1985.10112915.
- [6] FESMIRE, G., GLASS, A. (1988) A homemade volcano erupts with hands-on science learning, *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, 25:4, 8-10, doi: 10.1080/00368121.1988.10112981.
- [7] RAMÓN, L., BRUSI, D. (2015) Erupciones en el laboratorio. Modelos analógicos de peligros volcánicos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2015, 23-1.

[8] <https://youtu.be/czqqaesLShQ>

[9] VÍLCHEZ-GONZÁLEZ J.M., PRUDENCIO J., URBANO-RODRÍGUEZ L., IBÁÑEZ J.M., CARRILLO-ROSÚA F.J. (2014) El conocimiento sobre volcanes en Educación Primaria. En J.J. Maquilón Sánchez, A. Escarbajal Frutos, R. Nortes Martínez-Artero (Eds.), *Vivencias innovadoras en las aulas de Primaria* (pp. 464-477). Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones.

DOCTORANDOS CO-TUTELANDO TRABAJOS DE FIN DE GRADO: FORMACIÓN DEL FUTURO DOCENTE UNIVERSITARIO

Andrea Figuer Rubio¹, Gemma Valera Arévalo², Rafael Ramírez Chamond¹, Julia Carracedo Añón², Matilde Alique Aguilar¹

¹ Dpto. Biología de Sistemas, Universidad de Alcalá / Instituto Ramón y Cajal de Investigación Sanitaria (IRYCIS), Madrid, España.

² Dpto. Genética, Fisiología y Microbiología, Universidad Complutense / Instituto de Investigación Sanitaria Hospital 12 de Octubre (imas12), Madrid, España.

Palabras clave: ciencias de la salud; co-tutela; estudiantes de doctorado; grados universitarios; trabajo de fin de grado.

Keywords: degree thesis; health science; peer-tutoring; PhD student; university.

Resumen

En los grados de ciencias de la salud los trabajos de fin de grado (TFG) suelen ser experimentales. En este estudio hemos evaluado el éxito de la co-tutorización de TFG por doctorandos. Seis estudiantes de Biología y Biología Sanitaria realizaron TFG experimentales con la co-tutorización de dos doctorandas. Finalmente, todos los TFG obtuvieron un sobresaliente. Una encuesta anónima reveló que los estudiantes estaban muy satisfechos, destacando que la co-tutorización mejoró sus resultados académicos. Para las doctorandas, fue una oportunidad para desarrollar sus habilidades docentes. En conclusión, la co-tutorización del TFG por doctorandos recibió valoraciones muy positivas, reflejadas en las calificaciones obtenidas.

Abstract

In Health Sciences degree programs, end of degree projects (TFG) are usually experimental. We have evaluated the success of co-supervision of TFG by PhD students. Six students from Biology and Health Biology conducted experimental TFGs co-supervised by two doctoral students. Eventually, all TFGs received an outstanding grade. An anonymous survey revealed that the students were very satisfied, noting that co-supervision improved their academic results. For the doctoral students, it was an opportunity to develop their teaching skills. In conclusion, the co-supervision of TFGs by doctoral students received very positive feedback, reflected in the grades obtained.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de fin de grado (TFG) es la culminación de las enseñanzas del grado y debe suponer la evaluación de las competencias asociadas al título [1]. En el caso de las ciencias de la salud, los TFG experimentales se llevan a cabo en un laboratorio de investigación durante el periodo de prácticas y abordan un problema experimental fruto del cual los resultados obtenidos son recopilados y plasmados en el TFG. Los trabajos prácticos de laboratorio deben cumplir una serie de metas entre las que destacamos la adquisición de habilidades manuales, organizativas y comunicativas, promover el pensamiento crítico, el aprendizaje de conceptos, aplicación del método científico y estímulo de la curiosidad e interés por la ciencia [2]. Para la correcta adquisición de estas habilidades y competencias es necesaria la presencia de una figura que les enseñe y les guíe durante este periodo. De hecho, una encuesta realizada al profesorado universitario español demuestra que el profesorado no considera que el estudiante sea capaz de desarrollar de manera autónoma el TFG [3].

Por otra parte, los estudiantes de doctorado, o doctorandos, presentan una mayor capacitación, no solo teórica, sino también técnica. Entre las funciones del estudiante de doctorado destacamos la de dirigir el trabajo de laboratorio, participar en el análisis de datos, la redacción de documentos científicos y participar como miembro de un grupo de investigación [4]. Por ello, es común que los encargados de formar a los estudiantes de grado en la práctica de laboratorio y quienes lleven el seguimiento diario del estudiante sean los doctorandos. Con ello, los estudiantes de grado no sólo ganan experiencia en un laboratorio, aprendiendo el método científico y técnicas experimentales que pueden ser relevantes para su futuro laboral, sino que además aprenden cómo realizar un trabajo experimental basado en los resultados obtenidos, así como su posterior defensa ante un público especializado.

Este modelo educativo, en el que los estudiantes de doctorado mentorizan a los estudiantes de grado para la realización del TFG, podría englobarse en la técnica docente conocida como *peer-tutoring*, o enseñanza por el compañero. El *peer-tutoring* es una técnica docente en la que estudiantes de cursos superiores tutorizan a los estudiantes de cursos inferiores. Se ha descrito que puede ayudar a que el estudiante tutorizado esté más motivado y mejore sus resultados al explicarle los conceptos una persona más cercana a su nivel de conocimientos. Aun así, la eficacia de esta técnica está en entredicho, ya que hay múltiples estudios que reportan una escasa o nula eficacia [5, 6]. Una de las posibles razones por las que este tipo de tutorización no se ha traducido en una mejora de los resultados académicos de los estudiantes es por la necesidad de tutores con una formación más avanzada. Por ello, nos planteamos que la tutorización por parte de estudiantes de doctorado podría atajar esta problemática, ya que no solo han vivido experiencias similares durante su TFG, sino también en el trabajo de fin de máster y posteriormente con el doctorado. De hecho, en un estudio llevado a cabo en España en el que los doctorandos tutorizaban estudiantes de primer año de grado se demostró que los resultados académicos eran mejores comparados con aquellos estudiantes que no recibieron tutorización [7].

El objetivo de este estudio ha sido evaluar la eficacia y el éxito académico conseguido en la co-tutorización de los TFG por doctorandos, como un modelo adaptado de *peer-tutoring*. Para ello contamos con dos estudiantes de doctorado, graduadas en Biología por la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y Biología Sanitaria por la Universidad de Alcalá (UAH), que co-tutorizaron a seis estudiantes de los mismos grados.

2. METODOLOGÍA

Se trata de un estudio multicéntrico, en el que participan profesores y estudiantes de doctorado de la UCM y la UAH. Este estudio surge de la estrecha colaboración que existe entre ambos grupos desde hace años. Es una colaboración a nivel científico, pertenecemos al mismo grupo de investigación en la Universidad de Alcalá, el grupo “Daño celular asociado a senescencia” y hemos publicado múltiples artículos y comunicaciones en congresos de forma conjunta. También colaboramos a nivel docente, como se puede observar al pertenecer al mismo grupo de innovación docente “Innovación en metodología, materiales y herramientas virtuales para la mejora en la enseñanza de la Fisiología Humana y Fisiopatología (INFIHP; UAH-GI20-127)”. A lo largo de estos últimos años, desde la incorporación de las estudiantes de doctorado en el curso 2020/21, hemos tutorizado 6 TFG, con la ayuda de nuestras dos doctorandas. Por ello, nos propusimos valorar esta experiencia tanto por los estudiantes de grado como por las doctorandas. Todos los participantes en este estudio fueron adecuadamente informados y expresaron su aceptación para participar.

Contamos con dos estudiantes de doctorado (**Tabla 1**), procedentes de los grados de Biología (UCM) y Biología Sanitaria (UAH), que están realizando el doctorado en la misma universidad de la que proceden. Ambas terminaron sus estudios de grado en el curso académico 2018/19. Después realizaron estudios de posgrado, en concreto un máster oficial en 2019/20 en la Universidad Complutense, y completaron sus prácticas en el laboratorio de la Dra. Julia Carracedo. Gemma Valera (G.V.) cursó el máster “Investigación en Medicina Traslacional” y Andrea Figuer (A.F.) el de “Investigación en Inmunología”. En 2021 empezaron el doctorado. Gemma continuó en el laboratorio de la Dra. Carracedo con contratos de ayudante de investigación asociado a proyectos del Instituto de Salud Carlos III, y posteriormente con el programa de ayudas predoctorales de formación en investigación del Instituto de Investigación del Hospital 12 de Octubre (i + 12). Andrea regresó a la Universidad de Alcalá con la Dra. Alique y está realizando sus estudios

de doctorado con un contrato predoctoral de formación en investigación en salud (PFIS), financiado por el Instituto de Salud Carlos III.

Tabla 1. Características de las estudiantes de doctorado.

Doctoranda	Sexo	Grado	Programa doctorado
G. V.	Mujer	Biología (UCM)	Bioquímica, Biología Molecular y Biomedicina (UCM)
A. F.	Mujer	Biología Sanitaria (UAH)	Ciencias de la Salud (UAH)

Durante esta etapa, las estudiantes de doctorado han tutorizado hasta la fecha 6 TFG. Se recopilaron los resultados académicos de estos 6 estudiantes del grado en Biología de la UCM y del grado en Biología Sanitaria de la UAH, que fueron co-tutorizados por una de nuestras 2 estudiantes de doctorado entre los cursos académicos 2020/21 y 2022/23 (**Tabla 2**). Concretamente, Gemma tutorizó a 4 estudiantes de grado de la UCM y Andrea a 2 estudiantes de la UAH. Como podemos observar, hay una proporción de 50/50 entre hombres y mujeres y todos ellos presentaron TFG experimentales.

Tabla 2. Características de los estudiantes de grado.

TFG	Sexo	Grado	Tutora	Curso
1	Varón	Biología	G. V.	2020/2021
2	Varón	Biología	A.F.	2020/2021
3	Mujer	Biología Sanitaria	A.F.	2020/2021
4	Varón	Biología	G. V.	2020/2021
5	Mujer	Biología	G. V.	2020/2021
6	Mujer	Biología	G. V.	2022/2023

A finales del año 2023, tras la finalización de los TFG, se les hizo llegar a los estudiantes una encuesta en línea anónima mediante la plataforma Google Forms. En esta encuesta se preguntaba a los estudiantes sobre su grado de satisfacción con los resultados obtenidos en el TFG, si consideraban que la tutorización por parte de estudiantes de doctorado supuso una mejora de los resultados académicos y por qué. Además, de forma complementaria se incluyó la pregunta de si las estudiantes de doctorado les habían ayudado a orientar su futuro profesional, ya que los estudiantes de grado muchas veces aprovechan para transmitir a los estudiantes de doctorado sus inquietudes sobre su futuro profesional, buscando consejo. En cuanto a las estudiantes de doctorado, se les pidió que valoraran la experiencia de tutorización y valoraran las ventajas e inconvenientes que podrían extraer de esta experiencia (**Figura 1**).

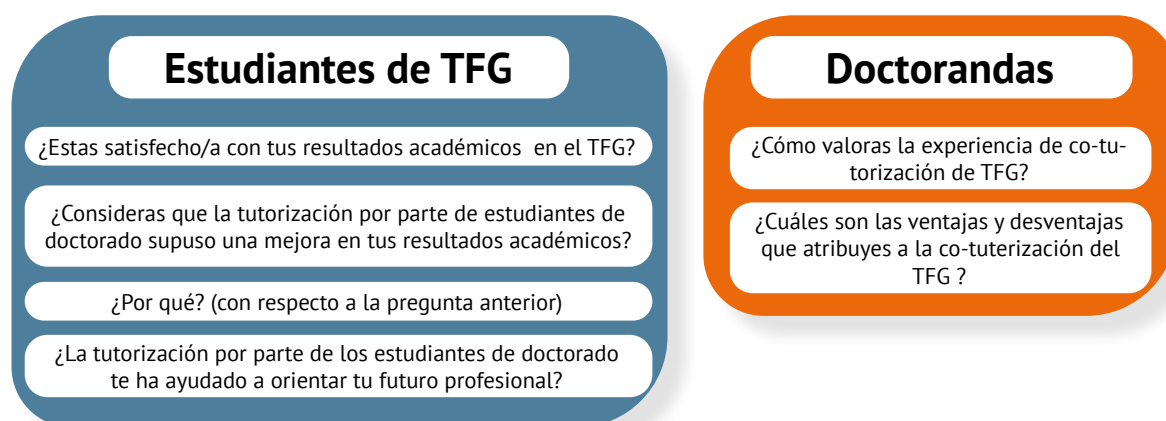


Figura 1. Preguntas realizadas a los estudiantes de grado y a las doctorandas

3. RESULTADOS

3.1. Resultados académicos obtenidos en el Trabajo de Fin de Grado

Los seis estudiantes entregaron su TFG en la convocatoria ordinaria. Además, todos ellos recibieron una calificación de Sobresaliente en su trabajo, con una nota media de $9,67 \pm 0,15$ (Tabla 3). Destacamos que una de nuestras estudiantes (la número 6), recibió el primer accésit al mejor TFG por el colegio de Biólogos de la Comunidad de Madrid en el curso académico 2022/23 [8].

Tabla 3. Calificaciones obtenidas en el trabajo de fin de grado.

	Convocatoria	Calificación
1	Ordinaria	9,7
2	Ordinaria	9,8
3	Ordinaria	9,8
4	Ordinaria	9,4
5	Ordinaria	9,6
6	Ordinaria	9,7
MEDIA	100 % Ordinaria	$9,67 \pm 0,15$

3.2. Valoración de los estudiantes de grado

Se valoró el grado de satisfacción de los estudiantes con los resultados académicos obtenidos en el TFG, en el cual el 83,3% estaba muy satisfecho/a y el 16,7% estaba satisfecho/a (Figura 2A). Además, ante la pregunta: "¿Consideras que la tutorización por parte de estudiantes de doctorado supuso una mejora de tus resultados académicos?", el 100% de los estudiantes respondieron que sí (Figura 2B). A continuación, se les pedía que desarrollaran brevemente por qué lo consideraban así. En general podemos resumir sus respuestas en tres ideas: 1) los estudiantes de TFG valoran muy positivamente el seguimiento diario por parte de las estudiantes de doctorado debido a su mayor disponibilidad; 2) su mayor experiencia a la hora de enseñarles técnicas y procedimientos, además de consejos a la hora de redactar la memoria escrita y realizar el análisis de datos, y por último, 3) el ambiente más cercano.

Por otra parte, la entrega del TFG y la finalización del grado suponen una época de gran incertidumbre sobre el futuro profesional para muchos estudiantes de grado, que no tienen claras las salidas profesionales que se pueden derivar de sus estudios, por lo que los estudiantes de grado suelen buscar consejo en los estudiantes de doctorado. Por este motivo, nos propusimos valorar si la tutorización por parte de estudiantes de doctorado, que suelen tener información más actualizada sobre estudios de posgrado y salidas profesionales en el área, supone una ayuda para los estudiantes de grado. Ante la pregunta "¿La tutorización por parte de las estudiantes de doctorado te ha ayudado a orientar tu futuro profesional?", el 66,7% respondieron que sí y un 33,3% respondieron que tal vez (Figura 2C).

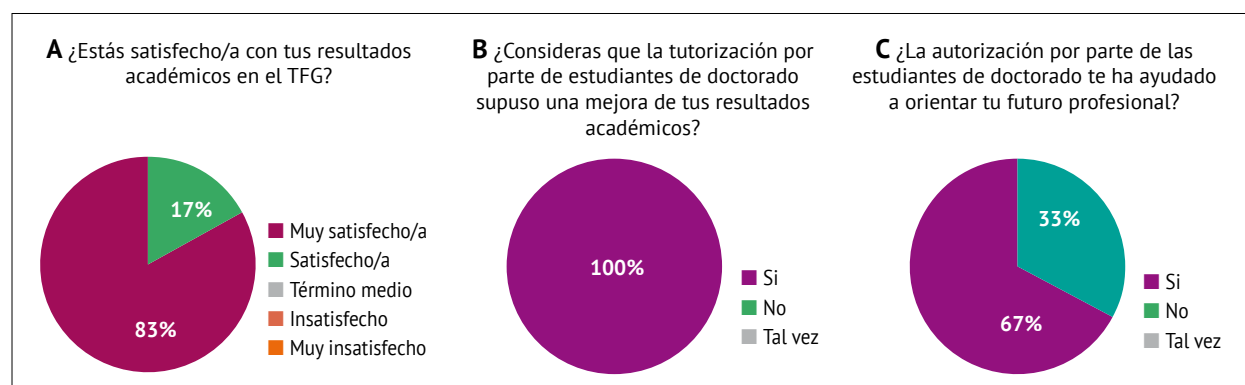


Figura 2. Resultados de la valoración de los estudiantes de grado.

3.3. Valoración por parte de las doctorandas de la experiencia como co-tutoras

Tras la experiencia de co-tutorización de los estudiantes entre los cursos 2020/21 y 2022/23, se recogió la valoración de las estudiantes de doctorado. Ambas estudiantes expresaron estar muy satisfechas con la co-tutorización de los TFG (Figura 3).

Las razones por las cuales las doctorandas valoraron esta experiencia de forma tan positiva son que lo consideran una experiencia enriquecedora, que las ayuda a mejorar sus capacidades para transmitir conocimiento. Además, refuerza las bases teóricas de los procedimientos realizados, ya que se requiere una buena comprensión de los mismos para su explicación de una manera adecuada. Por otra parte, las estudiantes de doctorado afirman que la tutorización de TFG les ha ayudado a desarrollar un mejor pensamiento crítico constructivo, puesto en práctica a la hora de corregir las memorias escritas de los TFG. Además, esta docencia, aunque con pocas horas, es reconocida por las universidades como horas de docencia, permitiendo acumular méritos que facilitan a las doctorandas su posterior acreditación por la ANECA. Es decir, es una forma reconocida de acumular horas de docencia que ayuda a las doctorandas si quieren dedicarse a la docencia universitaria.

Por último, la desventaja a valorar de la co-tutorización por parte de los estudiantes de doctorado es que se requiere de una alta inversión de tiempo. Sobre todo en las primeras semanas, las doctorandas se dedican a tiempo completo a la enseñanza y seguimiento de los estudiantes, sin apenas tiempo de realizar sus propias labores. Aun así, esta inversión de tiempo es en las primeras etapas, y posteriormente se ve compensada una vez que los estudiantes adquieren las competencias necesarias para realizar el trabajo de forma autónoma, momento a partir del cual pueden agilizar el trabajo de laboratorio y ser de más ayuda para el doctorando en sus responsabilidades.

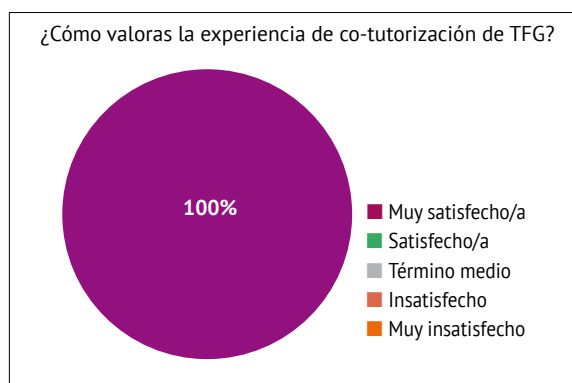


Figura 3. Resultados de la valoración de los estudiantes de doctorado.

4. DISCUSIÓN

La valoración de la co-tutorización de los TFG por parte de los estudiantes de doctorado ha sido muy positiva por todas las partes implicadas. Además, estos resultados subjetivos se ven apoyados por los datos objetivos; es decir, las excelentes calificaciones que recibieron los estudiantes de grado en su TFG. Este éxito puede estar explicado por el hecho de que este tipo de docencia recoge las ventajas del peer-tutoring (principalmente la cercanía entre tutor y estudiante, y la enseñanza personalizada), sin el inconveniente de la baja cualificación del tutor; en este caso los doctorandos que ya han adquirido una mayor experiencia y madurez. También, consideramos que el hecho que las dos estudiantes de doctorado procedan de los mismos grados o similares a los alumnos que co-tutorizaban puede ser una de las razones por las cuales los resultados han sido tan positivos, ya que conocen de primera mano el alcance de los conocimientos recibidos por los estudiantes de grado, permitiendo enfocar las enseñanzas en aquello que es más novedoso para los estudiantes. Además, al tener una menor diferencia de edad, se establece una relación más cercana con estudiantes de TFG con la que se sienten más cómodos a la hora de preguntar sus dudas e inquietudes. Otra ventaja muy valorada por los estudiantes de TFG es que los estudiantes de doctorado son capaces de proporcionar un seguimiento diario del avance de los estudiantes de grado, a diferencia de los profesores universitarios o tutores senior que no disponen de ese tiempo. Este seguimiento diario se ha demostrado que ayuda a la motivación del estudiante [9].

En cuanto al estudiante de doctorado, en muchos casos este tipo de tutorizaciones supone una primera aproximación a la docencia universitaria, que puede ser de especial interés para aquellos doctorandos que, por incompatibilidades de contrato o por no pertenecer a universidades, no puedan acceder a oportunidades de desarrollar labores docentes en el aula. Esta docencia, que es reconocida (aunque con escasas horas), puede ayudar al doctorando a conseguir méritos que puedan ser de interés en su futuro profesional, sobre todo para aquellos cuyo objetivo final sea dedicarse a la docencia universitaria. Consideramos,

además, que es el ambiente propicio para desarrollar una docencia de calidad y para que los doctorandos ganen experiencia, ya que se trata de una docencia en grupos reducidos, en muchos casos personalizada, por lo que las doctorandas pueden ver sin dificultades si aquellos conceptos o técnicas que están enseñando han sido transmitidos al estudiante de grado con éxito, permitiendo la adaptación de su discurso si los conceptos no quedan claros. Además, este tipo de tutorización cumple perfectamente con uno de los objetivos del plan Bolonia que defiende la docencia en grupos reducidos.

Aun así, es muy relevante destacar la necesidad de un co-tutor senior (profesor universitario) que permita garantizar la calidad del proyecto, resolver cuestiones técnicas y administrativas que puedan surgir y aportar un mayor grado de experiencia y de mediación en el posible caso de conflicto. La ventaja para los tutores senior de co-tutorizar los TFG con estudiantes de doctorado es que les permite delegar en ellos muchas de las responsabilidades diarias, permitiendo una gestión de su tiempo más eficiente o incluso abarcar un mayor número de estudiantes.

Se concluye que la figura del doctorando como co-tutor supone una mentorización personalizada y mucho más cercana, que los estudiantes de diferentes grados del área de las ciencias de la salud encuentran de gran utilidad y que consideran que les ayuda a obtener unas mejores calificaciones. Además, estas valoraciones positivas están respaldadas por los excelentes resultados académicos obtenidos en los TFG. Asimismo, en muchos casos es una de las primeras aproximaciones de los doctorandos a la docencia universitaria que, al ser reconocida por las universidades, les ayuda a adquirir méritos docentes que faciliten su acreditación ante la ANECA y su formación como futuro docente universitario.

5. AGRADECIMIENTOS

Grupo de Innovación Docente: "Innovación en metodología, materiales y herramientas virtuales para la mejora en la enseñanza de la Fisiología Humana y Fisiopatología (INFIHP)" (UAH-GI20-I27).

Proyecto de Innovación Docente: UAH/EVI471. Empleo de metodologías activas y trabajo colaborativo y de herramientas virtuales en las asignaturas de Fisiología Humana y Fisiopatología para el fomento de la adquisición de competencias, 2023.

Proyecto de Innovación Docente: UAH/EVI478. Aplicación de Flipped Learning en la asignatura de Valoración del grado de Fisioterapia, 2023.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] REKALDE RODRÍGUEZ, I. (1970) ¿Cómo afrontar el trabajo fin de grado? Un problema o una oportunidad para culminar con el desarrollo de las competencias. *Revista Complutense de Educación*. doi:10.5209/rev_RCED.2011.v22.n2.38488
- [2] LORENZO, M.G. (2020) Revisando los trabajos prácticos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria*. doi:10.14409/au.2020.21.e0004
- [3] JATO SEIJAS, E. et al. (2018) Percepciones del profesorado universitario sobre los procesos de organización y tutorización de los Trabajos Fin de Grado. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. doi:10.6018/reifop.21.3.332051
- [4] CUMMING, J. (2009) The doctoral experience in science: Challenging the current orthodoxy. *British Educational Research Journal*. doi:10.1080/01411920902834191
- [5] TOPPING, K.J. (1996) The effectiveness of peer tutoring in further and higher education: A typology and review of the literature. *Higher Education*. doi:10.1007/BF00138870
- [6] DEMAK, I.P.K. et al. (2021) Learning pharmacology through peer tutoring. *Gaceta Sanitaria*. doi:10.1016/j.gaceta.2021.10.098
- [7] ARCO-TIRADO, J.L. et al. (2020) Evidence-based peer-tutoring program to improve students' performance at the university. *Studies in Higher Education*. doi:10.1080/03075079.2019.1597038

- [8]** Colegio oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid <https://cobcm.net/wp-content/uploads/2023/11/FALLO-XVII-PREMIO-COBCM-AL-MEJOR-TFG.pdf>
- [9]** SAMBROOK, S. et al. (2008) Doctoral supervision ... a view from above, below and the middle! *Journal of Further and Higher Education*. doi:10.1080/03098770701781473

PRÁCTICA DOCENTE CON LA COLECCIÓN DE ANTROPOLOGÍA ESQUELÉTICA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Ambra Figueroa-Torrejón, Miriam Pérez de los Ríos

Unidad Docente de Antropología Física, Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid.

Palabras clave: conservación; osteología; aprendizaje; antropología física; manejo de colecciones.

Keywords: conservation; osteology; learning; physical anthropology; collection management.

Resumen

Las colecciones esqueléticas son fundamentales para investigar en antropología física. Además, cumplen un importante rol docente al facilitar el acceso del material a los estudiantes y permitirles acercarse al trabajo bioantropológico. Sin embargo, para su adecuado uso se debe conocer su contenido y sus aspectos de interés docente. Este trabajo estableció protocolos de manejo de material y conservación de la Colección de Antropología Esquelética de la Unidad de Antropología Física de la UCM, para promover el aprendizaje de los estudiantes y el desarrollo de nuevas investigaciones. La colección fue revisada, se generó una base de datos de los yacimientos, y se establecieron medidas de uso e higiene. En conclusión, se consiguió que el material revisado tenga una aplicación directa en aula, utilizándose en diferentes cursos de antropología física del grado y el máster.

Abstract

Skeletal collections play a fundamental role in physical anthropology research. Additionally, they serve an important educational role by facilitating access to the material for students and allowing them to approach bioanthropological work. However, to use them properly, their content and aspects of teaching interest must be known. This work established protocols for handling and conserving materials from the Skeletal Anthropology Collection of the Physical Anthropology Unit at UCM, to promote student learning and the development of new research. The collection was reviewed, a database of the sites was generated, and use and hygiene procedures were established. In conclusion, it was achieved that the revised material has a direct application in the classroom, being used in different courses of physical anthropology of both undergraduate and master's degrees.

I. INTRODUCCIÓN

I.1 Antropología física: trabajo con colecciones esqueléticas

La antropología física, también llamada antropología biológica, es una disciplina científica que abarca diferentes campos de investigación, como paleoantropología, primatología, genética de poblaciones, bioantropología y antropología forense [1]. Tiene como objetivo conocer el origen y evolución del ser humano, interpretar la variabilidad biológica de las poblaciones y conocer los mecanismos que generan esta diversidad en sociedades pasadas y presentes [1]. El trabajo de esta subdisciplina se realiza mediante el análisis de diferentes restos humanos, como el registro fósil del linaje homínido, poblaciones arqueológicas y poblaciones actuales [2]. Los restos humanos ofrecen pruebas directas y tangibles de las formas de vida de nuestros antepasados y de los grupos actuales, de adaptaciones biológicas a los diversos ambientes y evidencias de nuestro propio comportamiento [3].

De esta manera surge la creación de las colecciones esqueléticas, que cumplen un rol fundamental en el trabajo de la antropología física y se pueden encontrar en museos, centros de investigación y universidades [4].

Éstas son de gran utilidad en trabajos de investigación en distintas áreas de la antropología, como el médico y forense, al permitir conocer datos biográficos de los propios restos humanos, como información del sexo de los individuos, su edad de nacimiento o de fallecimiento y, en algunos casos, la causa de muerte [5]. También permiten conocer aspectos relacionados con la salud de las poblaciones pasadas (como patologías o enfermedades asociadas a sus modos de vida), tipos de actividad física, nutrición, patrones de crecimiento o prácticas culturales [6]. Todos estos procesos son de gran importancia para la interpretación de la forma de vida del individuo, ya que impactan directamente en la variación anatómica del esqueleto, que tiende a ser específica para cada población, permitiendo así estudiar la variabilidad regional de los grupos humanos [7, 8]. Además, esto permite reconstruir estilos de vida o migraciones pasadas, entre otros aspectos de la evolución humana [9].

Sin embargo, además de la utilidad que representan en investigación, las colecciones esqueléticas dentro de las universidades cumplen un importante rol docente [4], ya que facilita que los/las estudiantes tengan acceso al material, ofreciéndoles oportunidades para el “aprendizaje basado en la práctica”, y que puedan aproximarse al trabajo real de un bioantropólogo, suponiendo una mejoría en su rendimiento académico a través de estas metodologías [10-12].

Para propósitos docentes es necesario conocer qué material se encuentra dentro de la colección, conservar apropiadamente sus restos osteológicos y, a partir de este conocimiento, reconocer los aspectos que muestran un interés docente con el objetivo de preservar estos restos para futuros estudiantes e investigadores [6].

1.2 Colección de Antropología Esquelética de la Universidad Complutense de Madrid

La Unidad Docente de Antropología Física del Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) cuenta con una Colección de Antropología Esquelética (CAE) que, a pesar de su potencial docente e investigador, no ha sido objeto de ningún plan de ordenamiento, manejo de material ni conservación. Además, las características de la colección y su gran potencial como herramienta docente se desconocían en gran medida, a pesar de que alguna de sus colecciones se habían utilizado tradicionalmente en los cursos de grado, como la Colección del Osario de Wamba (Valladolid).

De esta forma, se planteó establecer protocolos de ordenamiento, manejo de material y conservación de la CAE de la UCM con el objetivo de que sean aptos para la docencia, favorecer el aprendizaje de los estudiantes y promover nuevas investigaciones. Una vez realizado este proceso, se aplicaron los protocolos en distintos yacimientos de la CAE, para confirmar su funcionamiento y correcta aplicabilidad.

2. MATERIAL Y PROTOCOLOS DE TRABAJO

2.1 Material

En un principio se trabajó con el ordenamiento e identificación de todos los yacimientos alojados en la CAE de la Unidad Docente de Antropología Física (Figura 1). En la actualidad, esta colección cuenta con restos humanos provenientes de yacimientos ubicados dentro y fuera de la Península Ibérica. Sin embargo, previo a nuestro trabajo no se contaba con información de una gran parte de ellos.

Luego se aplicaron los protocolos de manejo de colecciones al material del Barranco de Guayadeque (Las Palmas), el osario del Claustro de la Iglesia Santa María de Wamba (Valladolid) y de la Naveta de Sa Cova (Menorca).

Todo el material de la CAE se encuentra dentro de cajas inorgánicas cerradas, con una etiqueta de identificación colocada en el momento de ingreso a la colección. Cada etiqueta presenta información



Figura 1. Estado de las mesas antes de su limpieza y ordenamiento [Fotografía de Ambra Figueroa-Torrejón].

específica del yacimiento: provincia, localidad, nombre del yacimiento, periodo cronológico estimado, fecha de llegada a la colección y lo que contiene cada caja sin especificaciones claras.

En lo que respecta a su estado de conservación, en general el material óseo se encuentra en buenas condiciones de preservación. Sin embargo, en algunas cajas se observó la fragmentación de algunos huesos posterior a la recuperación del yacimiento, pudiendo haber ocurrido dichas alteraciones durante la extracción del material, transporte o guardado.

2.2 Protocolos de manejo

Los protocolos de manejo de la CAE fueron diseñados por las antropólogas físicas Ambra Figueroa Torrejón y Dra. Miriam Pérez de los Ríos, basándose en un protocolo internacional establecido por la conservadora Nicole Barreaux en la Colección Patrimonial del Departamento de Antropología de la Universidad de Chile [13, 14].

El primer paso fue la creación de un protocolo de ingreso de colecciones nuevas al depósito de la CAE, donde se estableció la información del material que debe ser proporcionada previamente a su depósito, como su estado de conservación, los encargados de entregar el material o la documentación relacionada, entre otros, junto a los pasos a seguir para su depósito. Todo esto con el objetivo de ordenar el ingreso de nuevos materiales a la colección y organizar los restos en dicho espacio.

Luego se generó un documento de normalización en la construcción de las cajas de material bioantropológico de la CAE, con las medidas de cajas, el tipo de cartón a utilizar o el uso de bolsas, entre otras especificaciones. Esto es así porque cada yacimiento de la colección tiene cajas de formas, tamaños y material de cartón diferentes, y es necesaria la renovación de los contenedores de material y su normalización para que, a futuro, se preserve en buen estado.

2.3 Inventario de la CAE UCM

El siguiente paso correspondió a la organización del depósito donde se aloja la colección, necesario para aplicar los protocolos creados para el ordenamiento y registro de toda la CAE.


Para esto se utilizaron dos depósitos designados como depósito 1 (D1) y depósito 2 (D2), este de mucha menor capacidad y asignación de material. En el siguiente paso, se le designó un número correlativo a cada contenedor del D1, pegando adhesivos de papel en los módulos/estanterías para su identificación y ordenamiento. Sin embargo, por razones de tiempo y falta de recursos, solo se consiguió organizar D1 y quedó pendiente D2 para un futuro a corto plazo. De esta forma, las cajas de material quedaron organizadas de tal manera que todo el material de un yacimiento estuviera agrupado en el mismo módulo y en estanterías adyacentes.

Luego, se inventarió la colección con una “Planilla de registro general de la Colección de Antropología Esquelética UCM” para contabilizar y caracterizar cada uno de los yacimientos encontrados en la colección, con información tal como: nombre de yacimiento, comunidad autónoma, fecha de obtención del material, tipo de yacimiento, cronología estimada, años de intervención e investigador responsable, entre otros datos.

Como resultado, se contabilizaron en total 53 yacimientos (45 en D1 y 8 en D2) pertenecientes a 13 comunidades autónomas de España y 1 yacimiento extranjero de Sudán, situando la fecha de llegada de los materiales entre 1969 y 2022. En D1 se registraron aproximadamente 700 cajas (incluyendo bolsas con material) y en D2 aproximadamente 49 cajas. Además, el material de varios yacimientos en tránsito se encuentra depositado en una sala denominada dúplex que cuenta con 117 cajas, así como otras 30 cajas en una de las estanterías asignadas para dicho propósito en D1.

Por otro lado, para individualizar los yacimientos se creó una “Planilla de los yacimientos de la Colección de Antropología Esquelética UCM”, donde se especificó el orden que se le dará a cada uno de los yacimientos y las características del material presente. La planilla cuenta con información como: número de depósito en que se encuentran las cajas, el módulo que se le designó a la caja, la estantería que se le designó, n° de caja y n° de inventario, entre otros datos.

Por último, se generaron dos formatos de etiqueta para visibilizar públicamente la información recopilada en las planillas. La primera es la “Etiqueta de cajas de la Colección de Antropología Esquelética UCM” (**Figura 2a**), que presenta la información de la recién mencionada planilla y fue pegada en la tapa de la caja para individualizarla con su información respectiva. La segunda es la “Etiqueta de material de la Colección

 Universidad Complutense de Madrid Facultad de Biología Unidad de Antropología Física Colección de Antropología Esquelética		
COMUNIDAD AUTÓNOMA:	DEPÓSITO	
PROVINCIA:	MÓDULO	
LOCALIDAD:	ESTANTE	
YACIMIENTO:	Nº CAJA	
ÉPOCA:	Nº INVENTARIO	
EDAD:		
UNIDAD (ES):	Nº BOLSAS	
SECTOR (ES):		
NIVEL (ES):	MATERIALES	
PROCEDENCIA:		
RESPONSABLE:		
PROYECTO:	OBSERVACIONES	
FECHA OBTENCIÓN:		
FECHA INGRESO:		


 ETIQUETA MATERIAL BIOANTROPOLÓGICO	
	Nº de Bolsa
	Nº de Inventario
	Módulo
	Estante
Proyecto:	Nº de Caja
Yacimiento:	Material:
Unidad:	
Nivel:	Observaciones:
Fecha de ingreso	

Figura 2. a) Etiqueta de caja de la CAE. **b)** Etiqueta de material de la CAE. Diseñadas por Ambra Figueroa-Torrejón y Miriam Pérez de los Ríos.

de Antropología Esquelética UCM" (**Figura 2b**), que contiene información más reducida, junto a la información específica de cada uno de los nº de inventario del material guardado dentro de la caja.

2.4 Caracterización general de los yacimientos

Una vez finalizado el ordenamiento de toda la colección, para poner a prueba los protocolos específicos se aplicaron en los yacimientos ya mencionados. El primer paso fue rellenar la "Planilla de los yacimientos de la Colección de Antropología Esquelética UCM", para la cual se revisaron las cajas, se ordenaron espacialmente en la colección, se revisó su contenido, se ordenó el material, se guardó el material en bolsas inorgánicas con aperturas para evitar alteraciones por humedad y se evaluaron las categorías de la planilla.

Por otro lado, todos los huesos fueron siglados con el objetivo de ordenar la colección e individualizar los huesos (**Figura 3**). Esto se realizó colocando una fina capa de paraloid diluido al 20% en acetona pura y marcando el material con un rotulador permanente delgado, para luego sellarlo con esmalte transparente.

De esta forma, las cajas de este yacimiento

quedaron ubicadas en la misma estantería, y a cada una se le colocó la "Etiqueta de cajas de la Colección de Antropología Esquelética UCM", completada con la información extraída de la revisión de las cajas.

2.5 Protocolos de trabajo en el laboratorio

Se procedió con la limpieza y el ordenamiento de las mesas de trabajo del laboratorio y se les colocó una plancha de polietileno expandido para generar una superficie acolchada sobre la que se puedan depositar muestras frágiles como los huesos. Además, cada mesa se enumeró con el objetivo de habilitar un espacio de trabajo que sea propio de cada estudiante que vaya al laboratorio.

También se establecieron normas de trabajo dentro del laboratorio y se les enseñó a los nuevos estudiantes los protocolos de la colección y las normas a seguir dentro del laboratorio. Las nuevas normas consisten en el uso obligatorio de guantes para la protección propia de los estudiantes y del material que se revisa. Estos elementos fueron dejados a disposición de los estudiantes dentro del depósito.

Se ubicó una pizarra dentro del depósito para anotar a los estudiantes que visitan la CAE, el día que lo harán y el yacimiento que están revisando. De la misma manera, se instauró el uso de un cuaderno para registrar diariamente el trabajo de los estudiantes con el material.

La organización de la CAE se realizó con la participación de estudiantes voluntarios de diferentes carreras de grado (Biología, Geología y Arqueología) y máster, a quienes se les dio una capacitación y se les enseñaron los protocolos con el fin de replicar lo ya hecho en otros yacimientos de la CAE.



Figura 3. Siglado de un fémur del Barranco de Guayadeque [Fotografía de Miriam Pérez de los Ríos]

2.6 Aplicación docente de la CAE

Mientras continúa el proceso de ordenamiento de la CAE, parte de sus colecciones ya están siendo empleadas en diferentes labores docentes. En primer lugar, se está utilizando para las prácticas docentes de la asignatura de Antropología Física en el grado en Biología, y también en la asignatura Métodos de Investigación en Antropología Esquelética del Máster Interuniversitario en Antropología Física: Evolución y Biodiversidad Humanas de la UCM, UAM y UAH. Junto a esto, se están llevando a cabo diversos trabajos de fin de grado y de máster, sobre estimación de sexo, de edad o biomecánica, entre otros, con el material del osario de Wamba.

Por otra parte, los docentes también están dirigiendo estudios de la asignatura Inicio a la Investigación del grado en Biología, resultando en pósteres que se presentarán en congresos asociados con el área.

Por último, estudiantes de los grados superiores de Anatomía Patológica y Citodiagnóstico y de Análisis Clínico también se han beneficiado del material de la CAE durante la realización de sus prácticas profesionales. Las estudiantes participantes tuvieron la oportunidad de “aprender haciendo” a través del manejo, ordenamiento y análisis bioantropológico del material de una de las colecciones del CAE, con el objetivo de aprender anatomía, casos paleopatológicos y bioética.

3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Los resultados presentados en este trabajo muestran la implementación de un manejo de la CAE mediante la generación de medidas básicas de registro de material y conservación de colecciones esqueléticas con protocolos de ingreso de material, procedimientos de conservación, de recopilación de información, y el establecimiento de formas de trabajo con restos humanos.

Se realizaron actividades de difusión entre los miembros de la facultad y se inició un programa de voluntariado para quienes estuviesen interesados en ayudar con las actividades dentro de la CAE, implementando explicaciones de los protocolos y capacitaciones sobre el trabajo con restos humanos a los estudiantes que trabajan con el material de la colección.

A partir de la construcción y aplicación de los protocolos, la CAE ofrece una oportunidad única para la docencia, ya que tiene una aplicación directa en aula por los docentes de la unidad para las clases del grado en Biología y del Máster Interuniversitario en Antropología Física: Evolución y Biodiversidad Humanas de la UCM, UAM y UAH, adquiriendo un valor didáctico para las clases y prácticas [10]. Así mismo, se está implementando su estudio entre los y las estudiantes de Trabajos de Fin de Grado o Máster para que puedan llevar a cabo trabajos de investigación, permitiendo el desarrollo de nuevas líneas de estudio dentro de la antropología física española [15, 16].

De esta manera, se pretende que la CAE esté a la vanguardia de colecciones esqueléticas internacionales como la Colección Esquelética de la Universidad de Coimbra, la Colección Patrimonial de la Universidad de Chile y la Colección Esquelética de la Escuela de Medicina Legal ubicada dentro de la misma UCM [14, 17, 18].

Proyecciones futuras

Se continuará con el trabajo de ordenamiento de la colección, ya que aún queda pendiente la organización del segundo depósito, y la aplicación de los protocolos en el resto de los yacimientos alojados en la CAE.

También se plantea generar vínculos con otras carreras y facultades, para atraer nuevos estudiantes de conservación, restauración o historia, entre otros, con el objetivo de dar a conocer y difundir la labor de la CAE y continuar con su ordenamiento e investigación desde otras áreas del conocimiento. Además, se continuará con la digitalización de la CAE, para depositarlo en un repositorio público en línea que facilite que tanto estudiantes como investigadores puedan acceder a investigar el material.

Para finalizar, como meta a largo plazo se plantea la contratación de un profesional de la conservación y restauración para profesionalizar la colección, y brindarle la protección y cuidados necesarios que ya se comentaron con anterioridad.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecemos a la Unidad Docente de Antropología Física de la UCM por permitirnos y ayudarnos en la realización de este trabajo en la CAE. También agradecemos al estudiantado voluntario que ha colaborado en la labor de organización y ordenamiento de la CAE, y a aquellos y aquellas estudiantes que han querido realizar sus trabajos de investigación con el material de la CAE.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] LARSEN, C.S. (ed.) (2023) *A Companion to Biological Anthropology* (2nd ed.). Oxford, Wiley-Blackwell.
- [2] LARSEN, C.S. (ed.) (2019) *Our origins* (5th ed.). W.W. Norton & Company.
- [3] LANDAU, P.M., STEELE, D.G. (1996) Why anthropologists study human remains. *American Indian Quarterly* 20(2, Special Issue), 209–228.
- [4] TOBIAS, P.V. (1991) On the scientific, medical, dental and educational value of collections of human skeletons. *International Journal of Anthropology* 6, 277–280.
- [5] BEKVALAC, J., REDFERN, R. (2018) Archaeological human skeletal collections: Their significance and value as an ongoing contribution to research. En HENDERSON, C., ALVES CARDOSO, F. (eds.) *Identified Skeletal Collections: The Testing Ground of Anthropology?* Oxford, Archaeopress, pp. 11–34.
- [6] WALKER, P.L. (2008) Bioarchaeological ethics: a historical perspective on the value of human remains. En KATZENBERG, M.A., SAUNDERS, S.R. (eds.) *Biological Anthropology of the Human Skeleton* (2nd ed.). Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, Inc, pp. 3–40.
- [7] SHACKELFORD, L.L. (2007) Regional variation in the postcranial robusticity of late upper paleolithic humans. *American Journal of Physical Anthropology* 133, 655–668.
- [8] VIOARSDÓTTIR, U.S., O'HIGGINS, P., STRINGER, C. (2002) A geometric morphometric study of regional differences in the ontogeny of the modern human facial skeleton. *Journal of Anatomy* 201, 211–229.
- [9] O'DONNABHAIN, B., LOZADA, M.C. (2014) To be or not to be: global approaches to ancient human remains. En O'DONNABHAIN, B., LOZADA, M.C. (eds.) *Archaeological Human Remains: Global Perspectives* (1st ed.). New York, Springer Cham, pp. 1–12.
- [10] KRMPOTICH, C. (2015) Teaching collections management anthropologically. *Museum Anthropology* 38(2), 112–122.
- [11] WHITE, T.D., BLACK, M.T., FOLKENS, P.A. (2012) *Human Osteology* (Third Edition). Academic Press.
- [12] FERREIRA, M.T., VICENTE, R., NAVEGA, D., GONÇALVES, D., CURATE, F., CUNHA, E. (2014) A new forensic collection housed at the University of Coimbra, Portugal: the 21st Century Identified Skeletal Collection. *Forensic Science International* 245, 202.e201–202.e205.
- [13] LEMP URZÚA, C., RODRÍGUEZ BALBOA, M., RETAMAL YERMANI, R., ASPILLAGA LAFONTAINE, E. (2008) Antropología del depósito: manejo integral de las colecciones bioantropológicas en el Departamento de Antropología de la Universidad de Chile. *Conserva* 12, 69–96.
- [14] MEZA-ESCOBAR, O., GALIMANY, J., GONZÁLEZ-OYARCE, R., BARREAUX HÖPFL, N. (2023) The Colección Osteológica Subactual de Santiago: origin and current state of a documented skeletal collection from Chile, Latin America. *Forensic Science* 3, 80–93.
- [15] ALVES-CARDOSO, F. (2019) “Not of one's body”: the creation of identified skeletal collections with Portuguese human remains. En SQUIRES, K., ERRICKSON, D., MÁRQUEZ-GRANT, N. (eds.) *Ethical Approaches to Human Remains. A Global Challenge in Bioarchaeology and Forensic Anthropology*. Cham, Springer, pp. 503–518.

- [16] CATTANEO, C., MAZZARELLI, D., CAPPELLA, A., CASTOLDI, E., MATTIA, M., POPPA, P., DE ANGELIS, D., VITELLO, A., BIEHLER-GOMEZ, L. (2018) A modern documented Italian identified skeletal collection of 2127 skeletons: the CAL Milano Cemetery Skeletal Collection. *Forensic Science International* 287, 219.e1-219.e5.
- [17] FERREIRA, M.T., COELHO, C., MAKHOUL, C., NAVEGA, D., GONÇALVES, D., CUNHA, E., CURATE, F. (2021) New data about the 21st Century Identified Skeletal Collection (University of Coimbra, Portugal). *International Journal of Legal Medicine* 135, 1087–1094.
- [18] VILLORIA ROJAS, C., MATA TUTOR, P., LABAJO GONZÁLEZ, E., PEREA PÉREZ, B., SANTIAGO SÁEZ, A., GARCÍAVELASCO, M., MANSOUR, C., BENITO SÁNCHEZ, M. (2024) The Identified Skeletal Collection of the School of Legal Medicine: a contemporary osteological collection housed in Universidad Complutense de Madrid, Spain. *International Journal of Legal Medicine* 138, 555–560.

SIMULACIÓN DE CASOS REALES PARA LA FORMACIÓN DE DIETISTAS NUTRICIONISTAS: EXPERIENCIA PRÁCTICA EN EL AULA

Cecilia García-Campos^{1,2}, Paula Acevedo-Cantero¹

¹ Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid (España). cecilia.garcia@uam.es

² Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana. Burgos (España). paula.acevedo@uam.es

Palabras clave: nutricionistas; prácticas de simulación; consejo dietético; comunicación efectiva; modelo centrado en el paciente.

Keywords: nutritionists; simulation practices; dietary advice; effective communication; patient-centered model.

Resumen

Uno de los aspectos más importantes de la labor de los nutricionistas es transmitir el consejo dietético de manera eficaz y efectiva para lograr cambios sostenibles en la salud nutricional de la población. Para ello, es fundamental que los estudiantes desarrollen habilidades de comunicación. Las prácticas de simulación en el aula desempeñan un papel esencial en los grados universitarios sanitarios, ya que permiten a los estudiantes desarrollar competencias fundamentales para su profesión en un entorno de aprendizaje seguro. En la Universidad Autónoma de Madrid se desarrolló un proyecto de innovación docente enfocado en la implementación de prácticas de simulación en el aula dentro del Grado en Nutrición Humana y Dietética. La valoración posterior de las prácticas de simulación mostró una alta satisfacción entre los participantes, que consideraron útil la práctica para su formación académica y profesional. La mayoría de los estudiantes expresaron el deseo de incluir más actividades de simulación en el plan docente y dedicar más tiempo a este tipo de sesiones para ampliar sus beneficios formativos.

Abstract

One of the most significant aspects of the work of nutritionists is effectively conveying dietary advice to achieve sustainable changes in nutritional health of the population. To accomplish this, it is essential for students to develop communication skills. Classroom simulation practices play an essential role in healthcare university degrees, enabling students to develop fundamental competencies for their profession in a safe learning environment. At Universidad Autónoma de Madrid, an instructional innovation project focused on implementing classroom simulation practices within the Human Nutrition and Dietetics Degree was developed. Subsequent evaluation of the simulation practices revealed high participant satisfaction, with students deeming the practice beneficial for their academic and professional development. Additionally, most students expressed a desire to include more simulation activities in the curriculum and allocate more time to such sessions to enhance their educational benefits.

INTRODUCCIÓN

La implementación de prácticas y experiencias basadas en el aprendizaje a partir de casos y problemas reales se considera una necesidad clave en la formación de profesionales del ámbito sanitario [1]. Por eso, la educación basada en simulación [2] desempeña un papel esencial en los procesos de aprendizaje y formación de los futuros profesionales del área de la salud. Estas prácticas permiten desarrollar las habilidades y competencias necesarias para la relación, comunicación y empatía con los pacientes [3].

Las prácticas de simulación pueden definirse como el uso de metodologías y técnicas especializadas para la atención sanitaria, aplicando un enfoque holístico del contexto y el pensamiento crítico [1]. Pueden incluir estudios de casos, juegos de roles, maniqués computarizados y pacientes simulados [4]. El modelo educativo se estructura en tres fases: la primera (*briefing*) proporciona información sobre los materiales a utilizar, el escenario y los roles que se va a simular; la segunda es la simulación en sí, donde los estudiantes representan los roles predeterminados en el escenario de la práctica; en la tercera fase (*debriefing*) se discute y reflexiona sobre las interacciones, emociones y dificultades experimentados durante el desarrollo de la sesión [5,6].

Las investigaciones realizadas en experiencias de simulación como metodología académica muestran la efectividad de esta técnica en la mejora de la competencia clínica de los estudiantes de medicina, enfermería, odontología, farmacia, terapia ocupacional y fisioterapia [7]. No obstante, el uso de la simulación en formación dietética está menos extendido. A pesar de ello, estudios previos de capacitación en salud nutricional mediante simulación han mostrado un incremento significativo de las habilidades en comunicación y calidad en atención entre los estudiantes de dietética [8]. Al mismo tiempo, este tipo de actividades permite a los estudiantes entender la importancia de una comunicación eficaz en la consulta, y les proporciona una mayor seguridad en la comprensión de la perspectiva del paciente [9,10]. Por último, las experiencias previas de este tipo de metodología muestran una mejora del aprendizaje de los estudiantes en la comprensión de los diferentes roles y situaciones en la práctica profesional, y promueven sus habilidades en la resolución de problemas [11]. Además, se incrementa la motivación de los estudiantes [12] y se fomenta el trabajo en equipo [13].

Por tanto, con el fin de mejorar las capacidades comunicativas y de atención al paciente nutricional, complementarias a la formación teórica de los estudiantes del Grado en Nutrición Humana y Dietética de la Universidad Autónoma de Madrid, se planteó el desarrollo de una experiencia enfocada en la implementación de prácticas de simulación en el aula para la adquisición de competencias en educación nutricional y en consejo dietético.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el ejercicio curricular del curso 2023-24 se implementaron diversas sesiones prácticas en las asignaturas de Educación Nutricional y Dietética correspondientes a primero y tercer curso, respectivamente. Estas prácticas se llevaron a cabo dentro del marco del Grado en Nutrición Humana y Dietética (NH y D) y el Doble Grado en Nutrición Humana y Dietética y Ciencia y Tecnología de los Alimentos (DG), como parte de un proyecto de innovación docente ("Utilización de la simulación en la elaboración de dietas en el grado de Nutrición Humana y Dietética", referencia M_016.23_INN).

Para la implementación de la práctica se utilizó un aula polivalente. En esta sala se crearon diversos espacios de trabajo que simulaban consultas sanitarias, proporcionando a los estudiantes un entorno realista para su formación. Los participantes trabajaron en grupos, abordando la tarea de brindar consejo dietético basándose en el modelo centrado en el paciente [14], utilizando casos clínicos prototípicos diseñados específicamente por las docentes. En el marco de la asignatura de Educación Nutricional, correspondiente al primer curso, las prácticas se enfocaron en el desarrollo de actitudes y características esenciales que debe poseer un dietista nutricionista como comunicador. El énfasis se puso en la resolución de casuísticas relacionadas con la transmisión de información nutricional a individuos o colectivos específicos. Por otro lado, en la asignatura de Dietética, de tercer curso, las prácticas se orientaron hacia el desarrollo de habilidades de comunicación entre médico y paciente, con un enfoque específico en un contexto clínico.

Se adoptó el enfoque pedagógico de aprendizaje basado en problemas (*Problem Based Learning*, PBL), centrado en el aprendizaje activo y la resolución de problemas prácticos [15]. Para la aplicación del PBL se empleó una estructura circular en tres fases, tal y como se describe a continuación (**figura 1**).

Como cierre del proceso, la evaluación posterior de las prácticas de simulación se llevó a cabo mediante un formulario en línea diseñado específicamente para evaluar diversos aspectos. Entre los elementos considerados se incluyeron la relevancia y claridad de los contenidos, la eficacia de la metodología de enseñanza empleada, la organización y estructura de la actividad, la calidad de la interacción con el profesor, el impacto percibido sobre el aprendizaje de los estudiantes, así como la satisfacción global con la actividad. Este formulario proporcionó un medio estructurado para recoger retroalimentación detallada sobre la innovación docente implementada.



Figura 1. Representación de las etapas de la práctica de simulación que sigue en enfoque de aprendizaje basado en problemas.

Fase 1. Briefing: presentación del problema e identificación de los conocimientos necesarios para abordarlo

En la fase inicial se presentaron a los alumnos varios vídeos que contenían casos prácticos, instándoles a analizar cada caso con el propósito de identificar los problemas de comunicación presentes en la interacción del dietista nutricionista con el paciente o colectivo. Los estudiantes discutieron cada caso, compartiendo sus observaciones y proponiendo puntos de mejora. A continuación, se llevó a cabo una escenificación de un caso específico, proporcionando a los estudiantes instrucciones básicas sobre cómo abordar la situación. Tras la representación, los estudiantes intentaron identificar los conocimientos y habilidades que les faltaban para enfrentar los problemas de comunicación identificados, generando preguntas sobre técnicas específicas de comunicación, manejo de situaciones emocionales y obtención de información médica relevante.

En este punto, la docente introdujo diversas metodologías de comunicación focalizándose especialmente en la metodología centrada en el paciente. La elección de esta metodología se fundamenta en su enfoque clínico, que sitúa al paciente en el centro de la interacción. Se destacó la importancia de una comunicación eficaz y empática para mejorar la calidad de la atención nutricional y la experiencia del paciente. Los alumnos recibieron explicaciones detalladas sobre técnicas específicas de comunicación y resolución de problemas, junto con indicaciones prácticas sobre cómo implementarlas. Esta primera fase concluyó con la presentación de las prácticas de simulación, detallando las competencias que se buscaba que adquirieran los estudiantes y la dinámica prevista para la práctica.

Fase 2: Realización de la práctica de simulación

El aula polivalente se dividió para crear diversos espacios de trabajo que simulaban consultas sanitarias (figura 2). Los estudiantes se organizaron en grupos de 4 a 5 alumnos.

Durante la práctica de simulación, un estudiante asumió el papel de dietista, mientras que otro u otros representaron a un paciente o pacientes. En Educación Nutricional, los pacientes eran un grupo de personas o colectivo representado por dos o más estudiantes, que acudían a la consulta del dietista-nutricionista para recibir información general sobre nutrición. En Dietética, el paciente era un individuo con una casuística específica que el sanitario debía atender. En el transcurso de la simulación, los demás compañeros del grupo debían completar un cuestionario de evaluación de la actuación del sanitario durante la consulta. Este cuestionario fue fundamental en el desarrollo de la práctica para garantizar un proceso de aprendizaje efectivo y la mejora continua de las capacidades adquiridas.



Figura 2. Espacio y recursos didácticos para la práctica de simulación.

La descripción detallada de cada rol se muestra a continuación:

- **El dietista nutricionista.** Este estudiante debía transmitir el consejo dietético siguiendo las pautas establecidas por el modelo centrado en el paciente. Se le indicó al alumno que tenía que ser capaz de identificar el motivo de la consulta, comunicar de forma clara y con lenguaje adecuado el consejo nutricional, involucrar al paciente en la búsqueda de soluciones y resolver las dudas o preocupaciones del paciente.
- **El paciente/es.** Los estudiantes que asumieron el papel del paciente elegían al azar una tarjeta que contenía información sobre el motivo de la consulta y la actitud que debía adoptar durante la simulación. A estos estudiantes se les indicó que debían realizar una representación realista y participar de manera activa, respondiendo a las recomendaciones y consejos proporcionados por el estudiante que interpretaba al dietista. También se les indicó que podrían expresar comprensión, hacer preguntas adicionales o manifestar inquietudes relacionadas con el problema nutricional a tratar.
- **Los evaluadores.** El resto de los miembros del grupo actuaron como evaluadores. Las responsabilidades específicas que debían desarrollar son las siguientes: escuchar atentamente las interacciones, observando la comunicación verbal y no verbal; rellenar un cuestionario de evaluación previamente diseñado que incluía una serie de criterios y aspectos clave; y, al finalizar, proporcionar una retroalimentación constructiva al dietista, destacando los aspectos positivos y brindando sugerencias específicas para la mejora.

En todos los casos la simulación tuvo una duración de 10 minutos, durante los cuales los alumnos debían permanecer en sus roles asignados. Además, se estableció que uno de los estudiantes del grupo debía grabar la simulación, previa solicitud por escrito del permiso de grabación y uso de las imágenes correspondientes.

Fase 3. Debriefing

El *debriefing* (o retroalimentación) es una parte fundamental del proceso de aprendizaje en una práctica de simulación. Consiste en una sesión estructurada posterior a la simulación, durante la cual los participantes reflexionan sobre su desempeño, comparten observaciones, identifican fortalezas y áreas de mejora, y discuten estrategias. Cuando se utilizan grabaciones de video durante la simulación, el *debriefing* se enriquece aún más al permitir a los participantes revisar y analizar su actuación de manera más detallada. En esta sesión, se reprodujo la grabación de la simulación en su totalidad o en segmentos relevantes. Durante la reproducción, se pausó el video en momentos clave para analizar detalles específicos del desempeño de los participantes. Se alentó a los estudiantes a reflexionar sobre su propia actuación y la de sus compañeros, identificar aspectos positivos y áreas de mejora en la comunicación, toma de decisiones o manejo de situaciones difíciles. La docente asumió el papel de facilitador de la discusión, asegurándose de que todos los estudiantes tuvieran la oportunidad de compartir sus observaciones y perspectivas, fomentando la participación y el intercambio de ideas entre los participantes. La sesión concluyó reiterando los puntos clave discutidos y resaltando los aprendizajes significativos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La realización de la práctica involucró a un total de 92 estudiantes. De este conjunto, 62 pertenecían a NHyD, mientras que 28 formaban parte del DG. Los participantes fueron principalmente mujeres (15 varones frente a 77 mujeres) de entre 18 y 54 años, el 75% de 18 a 20 años.

Destaca la alta participación de los estudiantes en la actividad. El 90% de los alumnos de Educación Nutricional y el 82% de los alumnos de Dietética asistieron a las sesiones relativas a estas prácticas. La percepción positiva de la actividad se refleja en los resultados del formulario de evaluación, donde el 92,3% de los participantes valoró la actividad con un 4 o un 5 en una escala de 1 a 5. Es relevante destacar que el 93,4% de los estudiantes consideró que la actividad tenía un alto valor para su desarrollo académico y profesional, resaltando su aplicabilidad práctica frente a situaciones del mundo real. En términos generales, los participantes describieron la actividad como entretenida, divertida y dinámica, evidenciando el interés y la satisfacción experimentados. Asimismo, los alumnos apreciaron la oportunidad de enfrentarse a situaciones similares a las del ámbito profesional y aplicar los conocimientos teóricos en la resolución de problemas reales. La posibilidad de observar las diferentes respuestas de los compañeros ante diversas situaciones y recibir retroalimentación fue valorada positivamente. En cuanto a la interacción con el profesorado, el 90,1% de los estudiantes evaluó positivamente el desempeño general del equipo docente, indicando que la actividad estaba bien diseñada (91,2%) y que los objetivos se habían explicado con claridad (95,6%) (figura 3).

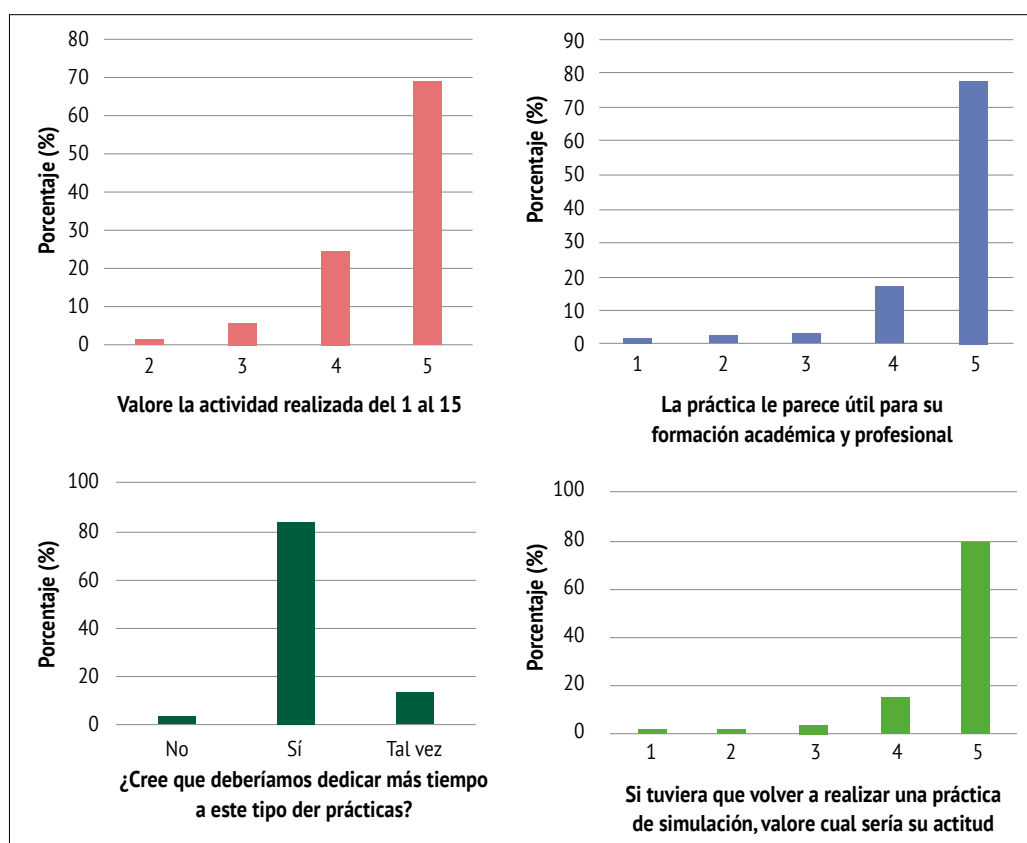


Figura 3. Valoración del alumnado para la actividad. Las respuestas se representan en una escala de 1 a 5, de menor a mayor acuerdo o agrado.

En relación con las expectativas y deseos de los participantes, el 82,4% expresó el deseo de que se incluyan más actividades de simulación en el plan docente y se dedique más tiempo a este tipo de sesiones para maximizar sus beneficios formativos. Además, el 93,4% mostró una actitud positiva hacia nuevas experiencias de este tipo. Solo el 4,4% de los estudiantes afirmaron haber realizado prácticas de simulación con anterioridad; esto podría explicar los sentimientos de nervios, vergüenza e inseguridad manifestados por muchos estudiantes al enfrentarse, por primera vez, a las problemáticas presentadas en la práctica.

En conclusión, estos resultados sugieren una oportunidad para ampliar la integración de actividades de simulación en el plan de estudios, brindando más oportunidades a los estudiantes de nutrición para familiarizarse con este enfoque pedagógico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] PARK, C.S., CLARK, L., GEPHARDT, G., ROBERTSON, J.M., MILLER, J., DOWNING, D.K., ... RETHANS, J.J. (2020) Manifesto for healthcare simulation practice. *BMJ Simulation & Technology Enhanced Learning* 6(6), 365.
- [2] CAMPOS, N., NOGAL, M., CALIZ, C., JUAN A.A. (2020) Simulation-based education involving online and on-campus models in different European universities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 17, 8. doi:10.1186/s41239-020-0181-y
- [3] PFEIL, S.A., SHELLHAAS, C.S. (2023) Using simulation to train clinical providers in the effective use of telehealth. *Nutrition in Clinical Practice* 38(3), 520-530. doi:10.1002/ncp.10977
- [4] GABA, D.M. (2004) The future vision of simulation in health care. *BMJ Quality & Safety* 13(suppl 1), i2-i10. doi:10.1136/qshc.2004.009878
- [5] MOTOLA, I., DEVINE, L.A., CHUNG, H.S., SULLIVAN, J.E., ISSENBERG, S.B. (2013) Simulation in healthcare education: A best evidence practical guide. AMEE Guide No. 82. *Medical Teacher* 35(10), e1511-e1530. doi:10.3109/0142159X.2013.818632
- [6] KIHILGREN, P., SPANAGER, L., DIECKMANN, P. (2015) Investigating novice doctors' reflections in debriefings after simulation scenarios. *Medical Teacher* 37(5):437-43. doi:10.3109/0142159X.2014.956054
- [7] WILLIAMS, B., SONG, J.J.Y. (2016) Are simulated patients effective in facilitating development of clinical competence for healthcare students? A scoping review. *Advances in Simulation* 1, 1-9.
- [8] BUCHHOLZ, A.C., VANDERLEEST, K., MACMARTIN, C., PRESCOD, A., WILSON, A. (2020) Patient simulations improve dietetics students' and interns' communication and nutrition-care competence. *Journal of Nutrition Education and Behavior* 52(4), 377-384. doi:10.1016/j.jneb.2019.09.022
- [9] KNIGHT, A., BALDWIN, C., REIDLINGER, D. P., WHELAN, K. (2020) Communication skills teaching for student dietitians using experiential learning and simulated patients. *Journal of Human Nutrition and Dietetics* 33(5), 601-613. doi:10.1111/jhn.12743
- [10] WRIGHT, H.H., CAMERON, J., WIESMAYR-FREEMAN, T., SWANEPOEL, L. (2020) Perceived benefits of a standardized patient simulation in pre-placement dietetic students. *Education Sciences* 10(7), 186. doi:10.3390/educsci10070186
- [11] TITZER, J.L., SWENTY, C.F., HOEHN, W.G. (2012) An interprofessional simulation promoting collaboration and problem solving among nursing and allied health professional students. *Clinical Simulation in Nursing* 8(8), e325-33. doi:10.1016/j.ecns.2011.01.001
- [12] KOH, C., TAN, H.S., TAN, K.C., FANG, L., FONG, F.M., KAN, D., WEE, M.L. (2010) Investigating the effect of 3D simulation based learning on the motivation and performance of engineering students. *Journal of Engineering Education* 99, 237-251. doi:10.1002/j.2168-9830.2010.tb01059.x
- [13] SHAH, A., MAI, C.L., SHAH, R., LEVINE, A.I. (2019) Simulation-based education and team training. *Otolaryngologic Clinics of North America* 52(6), 995-1003.
- [14] CUBA-FUENTES, M., CONTRERAS SAMAMÉ, J.A., STEVE RAVELLO RÍOS, P., AYDEÉ CASTILLO NARRO, M., COAYLA FLORES, S.A. (2016) La medicina centrada en el paciente como método clínico. *Revista Médica Herediana* 27(1), 50-59.
- [15] NILSON, L.B. (2010) Teaching at its best: A research-based resource for college instructors (2nd ed.). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

NOS VAMOS A MARTE: UN RETO INTERDISCIPLINAR PARA MOTIVAR Y APLICAR EL MÉTODO CIENTÍFICO

Sara González Pérez^{1,2}, Antonio Eff-Darwich Peña¹ y Alejandra Goded^{1,2}

¹ Departamento de Didácticas Específicas. Universidad de La Laguna. La Laguna (España).

² Instituto de Astrofísica de Canarias. La Laguna (España). sgonzal@ull.edu.es

Palabras clave: aprendizaje basado en proyectos; STEM; exploración espacial; aprendizaje entre iguales.

Keywords: project-based learning; STEM; space exploration; peer to peer learning.

Resumen

Presentamos una actividad STEM que combina metodologías educativas como el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje colaborativo entre iguales para retar a estudiantes de secundaria a diseñar un sistema de propulsión espacial que les permita llegar y volver de Marte, integrando conceptos de diferentes disciplinas. Esta experiencia comienza motivando a los estudiantes con la exploración espacial. Posteriormente los alumnos trabajan en el laboratorio de forma colaborativa para optimizar el rendimiento de una reacción química. El desarrollo de la actividad ha conseguido aumentar la motivación de los participantes y mejorar su capacidad de trabajo en equipo.

Abstract

We present a STEM activity that combines educational methodologies such as project-based learning and peer to peer collaborative learning to challenge secondary school students to design a space propulsion system to reach and leave Mars, integrating concepts from different disciplines. This experience begins by motivating students with space exploration. Subsequently, the students work collaboratively in the laboratory to optimize the performance of a chemical reaction. The development of the activity has managed to increase the participants' motivation and improve their teamwork skills.

INTRODUCCIÓN

Diseñar actividades interdisciplinarias como las propuestas en el enfoque STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) [1] y metodologías de aprendizaje basado en proyectos (AbP) [2] es fundamental para el desarrollo integral del alumnado de secundaria. Con ellas se consigue afianzar los aprendizajes de diferentes asignaturas dándoles un contexto interdisciplinar y una aplicación real. Este tipo de propuestas metodológicas pueden servir para motivar y empoderar al alumnado, ya que les sitúa en el centro del proceso de aprendizaje, vinculando los contenidos curriculares con problemas del mundo real. En esta línea, la exploración espacial es un tema que suele atraer al alumnado en su conjunto, incluso a los que no siguen itinerarios de ciencias, y por tanto resulta interesante utilizar este tema como hilo conductor para trabajar la competencia científica entre otras [3]. Por otra parte, es importante que los estudiantes de la comunidad autónoma de Canarias participen en actividades educativas que les enseñen a comprender y valorar la ciencia como una construcción colectiva, y que conozcan las instituciones científicas canarias [4]. Para el campo de la ciencia y la tecnología desarrollada en la comunidad autónoma de Canarias, un buen ejemplo se puede encontrar en el Instituto Astrofísico de Canarias (IAC). En el IAC se desarrollan proyectos y misiones relacionadas con el estudio del cosmos y de la Tierra, y nos sirve como ejemplo de aplicación práctica de los logros que se consiguen trabajando de forma cooperativa y de la utilidad que tienen los saberes y habilidades que se trabajan en secundaria. Además, esta contextualización del aprendizaje les puede servir como modelo a seguir, como inspiración y motivación en su desarrollo académico y personal.

En esta propuesta se introduce el trabajo colaborativo a nivel de pequeño grupo, pero también de grupo grande, lo que fomenta el trabajo en equipo y la colaboración, habilidades esenciales en la sociedad del siglo XXI. Este tipo de estrategias fomentan un espíritu de cooperación colectivo y una transformación integral dentro del aula, reduciendo el carácter competitivo del AbP, transformando el aula en un instituto de investigación, donde todos los equipos de trabajo contribuyen para alcanzar el objetivo propuesto, ya que éste es demasiado complejo para realizarlo de forma individual [5,6]. De esta forma se consigue que el grupo se cohesione y, aunque puede haber una competitividad sana entre equipos, principalmente subyace un espíritu colectivo que es necesario para llegar a la meta [7].

En esta experiencia didáctica integramos por un lado la motivación al alumnado con la exploración espacial, dotándola de contexto con las actividades de investigación del espacio que tienen lugar cerca de sus colegios en Canarias; por otro, fomentamos el trabajo en equipo en un ambiente científico, ya que para resolver el reto los alumnos no sólo deben coordinarse dentro de su reducido equipo de investigación, sino que también tendrán que hacerlo con el resto de sus compañeros de laboratorio de forma colaborativa.

METODOLOGÍA

Esta metodología se llevó a cabo con un grupo de 12 estudiantes de secundaria, integrados en un campus científico de verano. Por lo tanto, partimos de un grupo de estudiantes con formación y afinidad hacia la ciencia y la tecnología. Un 30% de los estudiantes no provenían de itinerarios científicos, pero tenían motivación y sentían curiosidad por el tema del taller.

Esta actividad ha sido diseñada con dos partes: una primera más teórica y una segunda más práctica. En la primera parte de la actividad se lleva a cabo una introducción teórica, donde los estudiantes se familiarizan con los principios básicos de la física del espacio, como por ejemplo la gravedad, las fuerzas, las órbitas, el movimiento y la energía. También se exploran algunas de las dificultades que presenta la exploración espacial tanto desde el punto de vista de la tecnología (cohetes, velocidad de escape, masas) como desde un punto de vista más realista y social como la economía y la sostenibilidad (coste de lanzamientos, de combustible, etc.). Por último, repasamos las características ambientales de Marte, como su atmósfera, temperatura, presión y composición química. El tono de esta introducción es eminentemente divulgativo y motivador.

En la segunda parte del taller, los estudiantes se enfrentan al reto de investigar un posible combustible que cumpla con algunos de los requerimientos de la exploración espacial, como son la sostenibilidad y el rendimiento. Para ello se les plantea el reto de optimizar la generación de CO_2 a partir de la reacción entre el bicarbonato y el vinagre como reactivos. Esta actividad práctica se realiza experimentalmente en el laboratorio, y durante el proceso de planificación y de resolución del reto se repasan y utilizan diferentes competencias y saberes. El objetivo final es hallar la proporción óptima de estos reactivos, que genere el máximo de CO_2 con la mínima cantidad de producto (véase la **figura 1**). En esta fase los estudiantes trabajan en equipos de investigación con 2 o 3 miembros. El experimento se basa en variar las cantidades de agua, vinagre y bicarbonato y en medir, tras la reacción química de estos reactivos, el volumen de CO_2 que se obtiene. El proceso



Figura 1b. Materiales del laboratorio.

Figura 1a. Materiales del laboratorio.

de obtener un resultado, para unos valores fijados de reactivos de partida, toma un cierto tiempo, con lo que el avance en los resultados no es inmediato. Esto permite que el alumnado desarrolle habilidades como la paciencia, el control de sus emociones y expectativas, y el trabajo de forma colaborativa para poder alcanzar un resultado coherente.

Para poder resolver el reto, los datos obtenidos en estos experimentos se deben poner en común para crear una tabla de datos conjunta que les permita representar una curva que muestre gráficamente la relación entre la cantidad de reactivos y el volumen de CO_2 generado. A partir de estos resultados se podrá calcular la cantidad óptima de los reactivos y resolver el reto, como se puede ver en las **figuras 2, 3 y 4**. De esta forma se consigue que los equipos de trabajo más pequeños colaboren entre sí, para organizarse y poder alcanzar una solución colectiva del reto. Es importante que se genere de forma natural una colaboración intra e intergrupar, tanto en la fase de recopilación de datos como en la del análisis e interpretación de los resultados obtenidos, utilizando tablas y gráficos creados por los propios estudiantes de forma colaborativa, pudiendo de esta forma elaborar conclusiones y superar el reto.

RESULTADOS

La actividad y la metodología empleada en esta propuesta didáctica ha conseguido estimular el aprendizaje STEM, contribuir al desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes y que éstos comprueben por sí mismos, al vivirlo en primera persona, la importancia del trabajo colaborativo para que avance la ciencia. Además, la metodología empleada y la estrategia utilizada en esta propuesta han conseguido alcanzar uno de los objetivos principales de las actividades didácticas que diseñamos en el área de la didáctica de las ciencias experimentales: incrementar la motivación y el interés de los estudiantes por la ciencia y la tecnología, entre otras disciplinas, poniendo en valor la interdisciplinariedad de la investigación científica. Los estudiantes también se mostraron interesados por los contenidos teóricos que les proporcionamos debido en parte a la estrategia seguida al contextualizar el contenido e introducir en el relato curiosidades como los últimos avances en la investigación del espacio que se hace desde los centros de investigación canarios, como por ejemplo el Instituto de Astrofísica de Canarias.

En la segunda fase del proyecto, los estudiantes se enfrentaron al reto de la propulsión espacial sostenible, con el profesorado en su rol de facilitador. Los estudiantes, con un alto grado de autonomía, debían determinar cómo analizar eficazmente las proporciones de los reactivos de la reacción química propuesta como combustible del cohete. Después de deliberar en grupo, decidieron seguir una metodología científica que se basó en fijar la cantidad de uno de los reactivos (bicarbonato de sodio) variando de forma metódica el otro (vinagre) y midiendo para cada par de valores fijados la cantidad de CO_2 generado en la reacción química, utilizando los instrumentos del laboratorio (véanse las **figuras 1 y 2**).

Durante el primer intento, los estudiantes se dieron cuenta de la necesidad de realizar múltiples ensayos para obtener un resultado coherente. Esto los llevó a organizarse y a recolectar datos de manera colaborativa para resolver el reto antes de que terminara la clase. Este proceso resultó ser altamente motivador y experiencial, con los estudiantes desempeñando el rol de líderes de su propia investigación y motores de su propio aprendizaje. A pesar de la investigación coordinada y colaborativa, surgió una competencia amistosa entre los equipos para ver quién lograba alcanzar la mezcla óptima para garantizar la máxima generación de CO_2 .

La representación gráfica de los datos ayudó a los estudiantes a comprender el proceso y el resultado global (**figuras 3 y 4**), mostrando cómo esta solución permite diseñar el cohete de manera eficiente y sostenible, permitiendo planificar el sistema de propulsión a medida, evitando el uso innecesario de combustible. Final-



Figura 2. Equipo de trabajo trabajando en el reto.



Figura 3. Creación autónoma de la tabla de datos.

mente, en la figura 4 se puede observar el resultado obtenido de la experimentación cooperativa, con los datos recogidos por los diferentes grupos de estudiantes, y la gráfica que se fue creando con la representación de aquellos.

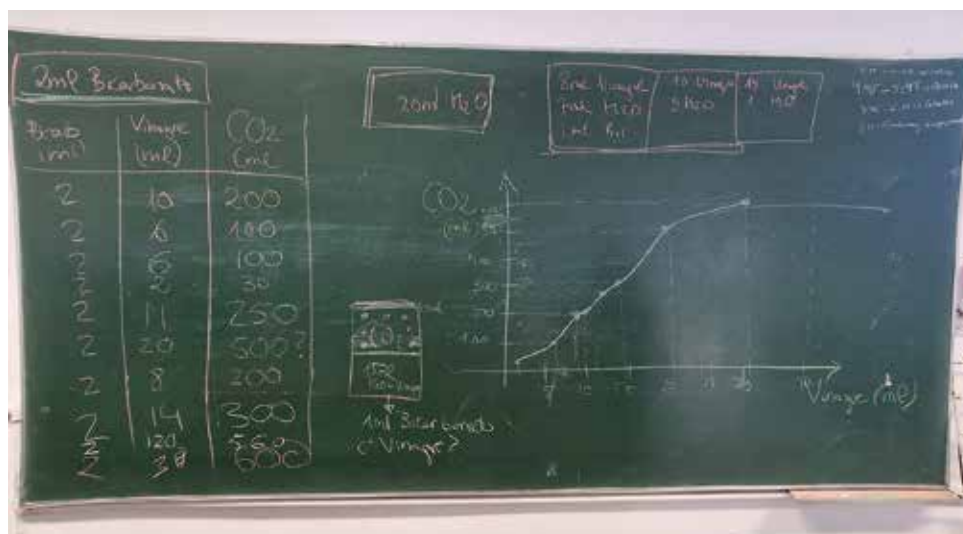


Figura 4. Tabla de datos y representación gráfica colaborativa en pizarra.

CONCLUSIONES

Esta actividad didáctica ejemplifica eficazmente la integración de una metodología activa interdisciplinar en las materias STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) mediante la metodología de aprendizaje basado en proyectos. Durante la fase introductoria y teórica, los estudiantes lograron conectar los contenidos de física, química y matemáticas de su formación académica con conceptos básicos de la física del espacio y las características ambientales de Marte, tales como su atmósfera, temperatura, presión y composición química, dándoles una aplicación práctica.

Tanto en la parte teórica como en el desafío práctico se integraron conceptos de diferentes disciplinas, promoviendo un enfoque interdisciplinar que refleja la complejidad y diversidad de los problemas científicos del mundo real. El reto resultó especialmente atractivo para los estudiantes al estar relacionado con la exploración espacial. En la segunda fase, mediante la resolución del reto (AbP), los estudiantes aplicaron sus conocimientos y habilidades en un contexto real, obteniendo soluciones prácticas a problemas que normalmente se estudian de manera más teórica en el aula.

Este proceso permitió a los estudiantes ser protagonistas de su propio aprendizaje, diseñando y realizando experimentos en el laboratorio de manera coordinada y colaborativa, con el profesorado como facilitador. Además, para poder encontrar una solución al reto propuesto, analizaron e interpretaron datos utilizando tablas, gráficos y ecuaciones de forma autónoma. Esta actividad no sólo estimuló el pensamiento crítico y la creatividad, sino que también enfatizó la importancia del trabajo en equipo y el método científico. Los estudiantes se convirtieron en científicos por un día, enfrentando un problema real y aplicando sus conocimientos de manera práctica donde la colaboración y el trabajo en equipo fueron fundamentales, proporcionando un ejemplo práctico de cómo se trabaja en la ciencia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del proyecto agradecen el apoyo y financiación por parte del Servicio de Educación y Juventud del Cabildo Insular de Tenerife y el apoyo desde la Universidad de La Laguna y el Museo de la Ciencia y el Cosmos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] SANTILLÁN-AGUIRRE, J.P., JARAMILLO-MOYANO, E.M., SANTOS-POVEDA, R.D., CADENA-VACA, V.D.C. (2020) STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior. *Revista Polo del conocimiento* 5(8). doi:10.23857/pc.v5i8.1599
- [2] DOMÈNECH-CASAL, J., et al. (2019) Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre aprendizaje basado en proyectos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16(2), 2203.
- [3] RODRÍGUEZ, J.M., SERRANO, M., GONZÁLEZ, S.S. (2019) El interés por el conocimiento científico de los estudiantes de secundaria en España. *Educação & Sociedade* 40, 1. doi:10.1590/ES0101-73302019187204.
- [4] DECRETO 30/2023 por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias. BOC núm. 58, de 16 de marzo de 2023, pp. 15322-17274.
- [5] MEDINA BUSTAMANTE, S.M. (2021) El aprendizaje cooperativo y sus implicancias en el proceso educativo del siglo XXI. *INNOVA Research Journal* 6, 62–76. doi:10.33890/innova.v6.n2.2021.1663
- [6] TORO, R., ANTONELLA, L. (2019) Potenciación del área socio afectiva por medio del aprendizaje basado en proyectos, en niños de 4 a 5 años, durante el periodo escolar 2017-2018, en la escuela Jasón Miller. (Tesis de licenciatura). Universidad de las Américas, Quito.
- [7] MONROY CARREÑO, M., PEÓN ESCALANTE, I.E. (2019) Modelo pedagógico de integración sinérgica para la enseñanza de las ciencias experimentales. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* 10(19). doi:10.23913/ride.v10i19.573

UTILIDAD DE LA CULTURA POPULAR Y LOS MITOS DE TERROR COMO HERRAMIENTA PARA LA DIVULGACIÓN DE LA QUÍMICA

Sandra Jiménez-Falcao¹, José Manuel Méndez-Arriaga²

¹ Grupo de Nanotecnología orgánica, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio, Universidad Politécnica de Madrid. (España). sandra.jfalcao@upm.es

² Departamento de Biología y Geología, Física y Química Inorgánica, E.S.C.E.T., Universidad Rey Juan Carlos. Móstoles, Madrid. (España). jose.mendez.arriaga@urjc.es

Palabras clave: halloween; química inorgánica avanzada; reacciones químicas; complejo organometálico.

Keywords: halloween; advanced inorganic chemistry; chemical reactions; organometallic complex.

Resumen

En la actualidad existen numerosas estrategias docentes para mejorar la motivación y el aprendizaje de los alumnos. Una posible herramienta es la tematización de estas estrategias, con el fin de contextualizar la actividad dentro de una temática que ya de por sí despierte el interés de los estudiantes. En este trabajo se recogen dos actividades diferentes (un seminario teórico y una sesión práctica de laboratorio) en los que se utilizan elementos de la cultura popular relacionados con *Halloween* y las historias de terror para mejorar la motivación de los estudiantes. Los resultados obtenidos al finalizar la experiencia ponen de manifiesto el potencial de realizar actividades tematizadas.

Abstract

Nowadays there are numerous teaching strategies to improve student's motivation and learning. One possible tool is the thematization of these strategies, in order to contextualize the activity within a theme that already arouses the interest of students. In this work two different activities (a theoretical seminar and a practical laboratory session) are collected in which elements of popular culture related to Halloween and horror stories are used to improve students' motivation. The results obtained at the end of the experience show the potential of carrying out themed activities.

INTRODUCCIÓN

Son numerosas las estrategias utilizadas por parte de los profesores para despertar el interés de los alumnos y potenciar los diferentes tipos de aprendizaje de los estudiantes. Como ejemplo destacan modelos de aprendizaje basado en retos [1], aprendizaje basado en problemas [2], gamificación en el aula [3]... Incluso la propia técnica expositiva presente en las clases tradicionales recibe la atención de los docentes con el fin de conseguir una mayor eficacia del aprendizaje [4].

En un estudio realizado en el año 2021 por parte de Engin Meydan se llegó a la conclusión de que en términos de motivación extrínseca los estudiantes de educación secundaria “encontraban de gran utilidad para sus carreras profesionales adquirir conocimientos de química”. Sin embargo, pensaban que esta ciencia no tenía relación con su vida [5]. Por este motivo, la implementación de estrategias en el aula capaces de transmitir a los estudiantes la omnipresencia de la química en la cotidianeidad permitiría aumentar notablemente la motivación extrínseca del alumnado. Con este objetivo en mente se planteó llevar a cabo dos experiencias de diferente naturaleza (teórica y práctica) utilizando como hilo conductor historias de la cultura popular; concretamente basadas en la temática de *Halloween*, sujetas a una posterior interpretación desde el prisma de la química.

OBJETIVOS

El objetivo principal de la actividad es mejorar la motivación de los alumnos de la asignatura de Química Inorgánica Avanzada (QIA) del Grado en Ciencias Experimentales impartido en la Universidad Rey Juan Carlos, mediante dos actividades tematizadas en torno a la festividad de Halloween, aunando elementos de la cultura popular que en general despiertan el interés de la población joven con conceptos de la asignatura como la formación de complejos organometálicos. Este evento de la cultura popular rodeado de historias y constructos fantásticos se utiliza como hilo conductor para un seminario teórico en el que proporcionar una posible explicación científica a hechos aparentemente inexplicables, así como para una sesión experimental en la que afianzar contenidos de la asignatura de forma más amena.

Los resultados de la experiencia han sido muy positivos, despertando un gran interés entre los estudiantes, y fomentando su motivación y percepción de utilidad.

METODOLOGÍA

La experiencia descrita en este documento se llevó a cabo durante el primer cuatrimestre del curso 2023-24, dirigida a un grupo constituido por 19 estudiantes. A continuación se detallan los aspectos más destacables de cada una de las actividades propuestas.

Seminario teórico: Desmontando los mitos de las historias de terror con la ciencia

Durante una sesión en aula se presentaron diversos elementos de la cultura popular relacionados con el terror; animando a los alumnos a que ofreciesen explicaciones lógicas y racionales, con el fin de fomentar su sentido crítico y su interés por la química general. A continuación, se recoge una selección de los mitos propuestos para discusión.

1. El mito del monstruo de Frankenstein.

Los experimentos “galvánicos” desarrollados por Luigi Galvani, consistentes en la generación de convulsiones musculares mediante descargas eléctricas en ranas muertas, sirvieron de inspiración a Mary Shelley para la escritura de su famosa obra “Frankenstein” o “El moderno Prometeo”. De esta manera, utilizando como excusa el personaje que volvió a la vida gracias a una descarga eléctrica (si bien está más que demostrado que el intercambio electrónico debe ser continuo para mantener las funciones vitales de un organismo vivo), el monstruo creado por el Dr. Frankenstein sirve como pretexto para acercar a los alumnos la naturaleza química de la transmisión del impulso nervioso gracias a la bomba de sodio-potasio.

2. Muerte al hombre lobo con una bala de plata.

Cuentan las leyendas populares que los hombres lobo y otros seres mitológicos como las brujas sólo pueden ser eliminados con una bala de plata. Si bien ninguno de estos seres es real, sí es cierto que la plata tiene probada acción antibacteriana gracias a mecanismos diversos como daño en la pared celular de la bacteria, inhibición de la síntesis de ADN y proteínas o generación de especies reactivas de oxígeno con capacidad de dañar a las células bacterianas. De esta manera, aunque no se haya demostrado la protección frente a hombres lobo con balas de plata, sí resulta de utilidad este ejemplo para introducir a los alumnos el potencial de algunos metales como agentes antibacterianos. La bala de plata podría ser el agente terapéutico idóneo para eliminar la infección que transforma a un hombre corriente en un hombre rabioso y medio lobo.

3. Uso de ajos como protección frente a vampiros.

En el imaginario colectivo está ampliamente instaurado que la presencia de una ristra de ajos es un elemento de protección frente al ataque de un vampiro. Los vampiros, seres pálidos sedientos de sangre, podrían estar inspirados en los enfermos que padecen porfiria, una serie de trastornos metabólicos que afectan a la síntesis del grupo hemo, componente fundamental de la hemoglobina y responsable del color rojo de la sangre. Esto podría explicar la aversión de los vampiros a los ajos, ya que estas herbáceas intensamente olorosas presentan grandes concentraciones de disulfuro de alilo, un compuesto que degrada el grupo hemo [6,7], empeorando por tanto los síntomas de palidez y fobia, y justificando la necesidad de incorporar sangre procedente de otros organismos.

4. La maldición de la momia.

Son numerosas las referencias que se pueden encontrar en películas y obras diversas en las que la apertura del sarcófago de una momia desencadena una terrible maldición: *La momia*, producida por Universal Studios en 1932,

La mano de la momia, de la misma productora en 1940, *El manto de la momia* en 1967, y otras tantas películas que llegan hasta nuestros días, como las más recientes interpretadas por Brendan Fraser o Tom Cruise. Esta aparente maldición podría explicarse debido a la presencia de microorganismos latentes durante largos periodos de tiempo, como algunos hongos del género *Aspergillus*, cuyas esporas pueden permanecer viables durante años.

Seminario práctico

Se planteó una sesión práctica consistente en tres experiencias diferentes, a lo largo de las cuales los estudiantes tuvieron que dar respuesta mediante la experimentación y el ingenio a tres enigmas diferentes. Los alumnos se organizaron en cinco grupos de cuatro integrantes cada uno, teniendo que resolver los tres acertijos propuestos para lograr el objetivo último de despertar al genio de la lámpara. A los alumnos se les entregó un guion con las indicaciones necesarias para llevar a cabo las experiencias.

1. Contened al hombre lobo.

Esta experiencia tiene como objetivo llevar a cabo la precipitación de plata mediante una reacción de complejación y posterior reacción redox dentro de un tubo de ensayo. Los alumnos debían preparar las disoluciones a partir de una formulación dada y plantear las reacciones químicas a partir de las cuales se obtendría el precipitado de plata. El procedimiento experimental indicado a los alumnos fue el siguiente:

- Disoluciones a preparar: AgNO_3 0,1 M; KOH 0,8 M; glucosa 0,25 M.
- Procedimiento experimental: se ponen en un vaso de precipitados 75 mL de la disolución de AgNO_3 y se añade NH_3 gota a gota. Tras aparecer un precipitado marrón, se añade NH_3 hasta la completa redisolución del precipitado. A continuación, se añaden 35 mL del KOH y se agita vigorosamente. Por último, se añaden 6 mL de la disolución de glucosa. La mezcla preparada se trasvasa rápidamente a tantos tubos de ensayo como miembros tenga el equipo. Se agitan los tubos hasta la deposición de plata sobre las paredes de vidrio.

En la **figura 1** se muestra la ilustración relativa a esta actividad presente en el guion.



Figura 1. Ilustración recogida en el guion de prácticas entregado a los alumnos referente a la experiencia "Contened al hombre lobo".

2. Calmad a la vampira.

El objetivo de esta actividad consistió en la identificación de una muestra y posterior preparación de una disolución con una concentración de hemoglobina determinada. En la mesa de trabajo se presentó una serie de muestras con diferentes concentraciones de hemoglobina, correspondientes a distintos seres fantásticos. Sólo la sangre de uno de esos seres (identificada por una concentración determinada de hemoglobina) era la indicada para calmar a la vampira. Además de las muestras de hemoglobina, se puso a disposición de los alumnos:

- Una recta de calibrado de hemoglobina, estableciendo la relación entre la concentración de hemoglobina y la intensidad de absorbancia registrada.
- Un pergamino con la longitud de onda de medida de la hemoglobina en números romanos, sin indicar a los alumnos el motivo de este pergamino para que fuesen ellos quienes descubriesen la importancia del mismo.
- Un espectrofotómetro UV-VIS.
- Procedimiento experimental: *Para calmar a la vampira es necesaria una dosis concreta de sangre que calme su apetito. En la mesa de trabajo encontraréis varios viales con diferentes tipos de sangre, que pueden diferenciarse por la concentración de hemoglobina en cada uno de ellos. Debéis identificar la muestra de sangre de unicornio, con una concentración de hemoglobina de ___ g/L y preparar 100 mL de una disolución de esta concentración de hemoglobina para entregar a la vampira. Para conocer las concentraciones de hemoglobina de las muestras desconocidas utilizaréis el espectrofotómetro, relacionando la absorbancia con la concentración gracias a la recta de calibrado y la ecuación de ajuste ya preparada.*

En la **figura 2** se muestra la ilustración relativa a esta actividad presente en el guion así como la pista facilitada.

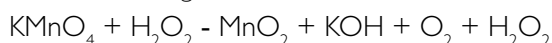


Figura 2. Ilustración recogida en el guion de prácticas entregado a los alumnos referente a la experiencia “Calmad a la vampira” (izquierda) y pista presente en el puesto de trabajo de esta misma experiencia (derecha) para indicar la longitud de onda a la que se mide la hemoglobina.

3. Genio de la lámpara.

Aunque las dos primeras actividades pudieron realizarse en un orden indiferente, sólo el grupo capaz de dar solución a los dos primeros enigmas en el menor tiempo posible pudo intentar resolver el tercero, debido a la necesidad de que el profesor estuviese en el momento de realizar esta experiencia por cuestiones de seguridad.

Esta última actividad consistió en el ajuste estequiométrico de la reacción de invocación del genio de la lámpara y “posterior invocación del mismo”, cuya aparición se manifiesta como O_2 liberado. Las indicaciones presentes en el guion de los alumnos fueron: *Para romper la maldición y pedir un deseo al genio es necesario poner tantas cucharaditas de $KMnO_4$ como electrones se intercambien en la reacción de invocación del genio, y a continuación añadir un vaso de peróxido de hidrógeno:*



Téngase en cuenta que la reacción planteada está sin ajustar, puesto que uno de los objetivos de la práctica era el ajuste por parte de los alumnos, con el fin de que practiquen este tipo de ejercicios teóricos en un ambiente lúdico y diferente a las habituales clases magistrales o de resolución de problemas. El ajuste de la reacción no es estrictamente necesario para la consecución experimental de la reacción química propuesta.

El motivo de la especial precaución al realizar este experimento es la generación súbita de O_2 , por lo que se recomienda llevar a cabo esta experiencia con especial cuidado, bajo la supervisión del profesor, y utilizar una disolución diluida de H_2O_2 .

RESULTADOS

Con el fin de evaluar el impacto docente de la actividad se llevó a cabo una encuesta voluntaria mediante la plataforma *Google Forms*. Al finalizar las dos actividades, llevadas a cabo en días distintos, se invitó a que los alumnos interesados en participar en la encuesta de actividad accediesen en ese mismo momento. El cuestionario relativo al seminario lo contestaron siete alumnos y el cuestionario relativo a la sesión experimental doce. Las cuestiones planteadas para la evaluación respondían por un lado a aspectos relacionados de forma directa con la asignatura de Química Inorgánica Avanzada y, por otro, a elementos de carácter general. Estos resultados se muestran en la **figura 3**. En azul se muestran los datos correspondientes al seminario teórico “Desmontando los mitos de las historias de terror con la ciencia” y en naranja los correspondientes al seminario práctico. El error indicado se corresponde con la desviación estándar de las notas de los estudiantes.

Los resultados fueron en todos los casos muy positivos, obteniendo una puntuación promedio para todos los aspectos a evaluar superior a 9, salvo en el caso de la pregunta “¿Considera que su comprensión sobre algunos conceptos de la asignatura Química Inorgánica Avanzada ha mejorado tras la práctica?”, que obtuvo una puntuación promedio de 8,5. A la vista de los resultados obtenidos, no existen diferencias significativas entre los valores obtenidos para cada una de las actividades en ninguna de las preguntas. En el Anexo I pueden consultarse las preguntas completas que se formularon a los estudiantes.

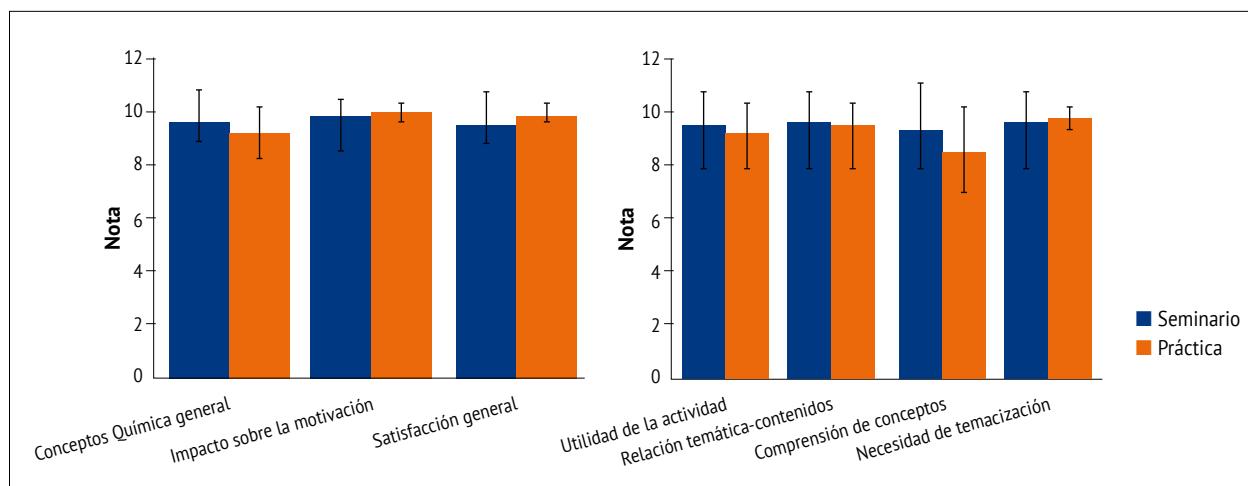


Figura 3. Resultados obtenidos tras la evaluación realizada por parte de los estudiantes tras participar en las actividades propuestas: **A)** Cuestiones generales; **B)** Cuestiones relativas a la asignatura de Química Inorgánica Avanzada.

CONCLUSIONES

En este artículo se presentan dos actividades de innovación educativa implementadas en la asignatura de QIA del Grado en Ciencias Experimentales. Las actividades consisten en la tematización en torno a *Halloween* de un seminario teórico (donde dar una explicación científica a historias o elementos del imaginario popular) así como en una sesión práctica consistente en la ejecución de experiencias cuyo fundamento está relacionado con contenidos de la asignatura.

Al finalizar las actividades se llevó a cabo una evaluación por parte de los alumnos participantes mediante un cuestionario en el que se plantearon preguntas para evaluar el nivel de satisfacción con la actividad en el contexto de la asignatura de QIA así como en líneas generales. Los resultados obtenidos demuestran la utilidad de la tematización de actividades de naturaleza variada, tanto para la comprensión de los contenidos de la asignatura como para la motivación general del alumnado.

Las actividades propuestas podrían ser de utilidad no sólo para la asignatura de QIA del Grado en Ciencias Experimentales, sino para muchas otras asignaturas de Química de cualquier grado en ciencias.

ANEXO I

CUESTIONES GENERALES

- ¿Cree que su comprensión sobre algunos conceptos químicos generales ha mejorado tras el seminario temático / las prácticas tematizadas?
- ¿Considera que el hecho de que el seminario / las prácticas estuviesen tematizados ha mejorado su nivel de motivación?
- Valore en una escala del 1 al 10 el nivel de satisfacción general con la actividad.

CUESTIONES RELATIVAS A LA ASIGNATURA DE QUÍMICA INORGÁNICA AVANZADA

- ¿Considera útil la introducción de seminarios temáticos / prácticas tematizadas para el desarrollo de la asignatura QIA?
- ¿Cree que los temas tratados durante el seminario temático / prácticas tematizadas están relacionados con los contenidos de la asignatura QIA?
- ¿Considera que su comprensión sobre algunos conceptos de la asignatura QIA han mejorado tras el seminario temático / las prácticas temáticas?
- ¿Considera que el hecho de que el seminario / las prácticas estuviesen tematizados ha mejorado su nivel de aprendizaje de los conceptos explicados en la asignatura de QIA?

BIBLIOGRAFÍA

- [1] (2020) *Guía de Aprendizaje Basado en Retos*. Servicio de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado en https://innovacioneducativa.upm.es/guias_pdi
- [2] (2008) *Aprendizaje Basado en Problemas*. Servicio de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado en https://innovacioneducativa.upm.es/guias_pdi
- [3] Alejaldre, L., García, A.M. (2015) Gamificar: el uso de los elementos del juego en la enseñanza de español. III Jornadas de formación de profesores de ELE en Hong Kong.
- [4] Sánchez, J.A. (2013). Estrategias metodológicas para dinamizar el aula universitaria. Edita: ICE de la Universidad Politécnica de Madrid. ISBN: 84-88760-29-9 (obra completa).
- [5] Meydan, E. (2021) Investigating secondary school students' motivation for Chemistry class in terms of various variables. *International Journal of Progressive Education* 17(1), 498-512.
- [6] Rais, N., Ved, A., Ahmad, R., Kumar, M., Barbhai, M.D., Radha, Chandran, D., Dey, A., Dhumal, S., Senapathy, M., Deshmukh, V.P., Anitha, T., Balamurugan, V., Lorenzo, J.M. (2023) S-allyl-L-cysteine — A garlic bioactive: physicochemical nature, mechanism, pharmacokinetics, and health promoting activities. *Journal of Functional Foods* 107, 105657.
- [7] Dutta, A., Dahiya, A., Prakash, A., Agrawala, P K. (2021) Acute toxicity of diallyl sulfide derived from *Allium sativum* (garlic) in mice and its possible mechanisms. *Phytomedicine Plus* 1(3), 100084.

EL CONCURSO DE CRISTALIZACIÓN EN LA ESCUELA: UNA RED DE SABERES Y COMPETENCIAS

Jorge Martín-García, María Eugenia Dies Álvarez

Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza. IUCA. araujo@unizar.es / medies@unizar.es

Palabras clave: educación no formal; currículo; competencias; percepciones del profesorado; educación secundaria.

Keywords: non-formal education; curriculum; competences; teacher perceptions; secondary education.

Resumen

Este trabajo analiza las percepciones del profesorado de secundaria sobre los contenidos curriculares que pueden ser abordados a través de la participación en una actividad no formal de larga duración como es el Concurso de Cristalización en la Escuela. El análisis de sus respuestas a un cuestionario de preguntas abiertas permite concluir que el concurso trasciende la mera adquisición de contenidos para promover habilidades, competencias, actitudes y valores en el alumnado, convirtiéndose en una experiencia integral de aprendizaje y poniendo de manifiesto cómo este tipo de actividades no formales debería considerarse como parte fundamental de la formación del estudiante.

Abstract

This study examines the perceptions of secondary school teachers regarding the curricular content that can be addressed through participation in a long-term non-formal activity named *Concurso de Cristalización en la Escuela* (a crystal-growing competition for schoolchildren). Analysis of their responses to an open-ended questionnaire leads to the conclusion that the contest transcends mere content acquisition to promote skills, competencies, attitudes, and values in students, thus becoming a broad learning experience. These results highlight how such non-formal activities should be more integrated into student education.

INTRODUCCIÓN

La escuela continúa siendo el pilar maestro que sostiene la enseñanza de las ciencias y, sin embargo, se reconoce cada vez más la necesidad de establecer interrelaciones entre lo que se aprende en el aula y los aprendizajes que se adquieren en entornos, contextos, actividades y experiencias fuera de ella. En concreto, autores como Eshach o Loredana [1,2] subrayan que para lograr una verdadera comprensión del aprendizaje de la ciencia no basta con considerar exclusivamente las aportaciones desde el ámbito formal de la clase, sino que es imprescindible prestar atención también al ámbito de la educación no formal y la informal.

Esta perspectiva refleja una evolución significativa en la concepción del aprendizaje científico, reconociendo la riqueza y diversidad de las experiencias que contribuyen a la adquisición de conocimientos y resalta la importancia de integrar activamente las experiencias científicas fuera del aula en la planificación y ejecución de la educación científica. En los espacios de educación no formal se ponen en juego factores cognitivos, afectivos y sociales, que se combinan e interactúan entre sí para construir un entorno de aprendizaje dinámico y enriquecedor.

Por ejemplo, desde el punto de vista más cognitivo, las actividades no formales proporcionan nuevas oportunidades y experiencias personales de aprendizaje que, muchas veces, no pueden ser reproducidas en la escuela [3], por lo que con frecuencia actúan como puente entre el conocimiento adquirido en el aula y el que se va acumulando de manera informal en el día a día.

En consecuencia, tienen un gran potencial para reforzar y ampliar los conocimientos adquiridos en la escuela y para promover la adquisición de conceptos científicos básicos [4,5], facilitando su integración con aquellos de los que ya disponen los estudiantes. Este puente entre el aprendizaje formal y el conocimiento cotidiano no solo enriquece la comprensión de los conceptos científicos, sino que también promueve una conexión más profunda y duradera con la materia.

En el nivel afectivo, las actividades no formales tienen la capacidad de generar sensaciones de asombro, curiosidad y entusiasmo, estimulando las ganas de aprender [6]. Diversos estudios [por ej. 7-9] han resaltado el potencial de la enseñanza no formal para mejorar las actitudes de los estudiantes de secundaria hacia las ciencias en general, pero también hacia las materias de ciencias en particular. El impacto emocional positivo resultante de estas experiencias puede contrarrestar posibles percepciones negativas asociadas con la ciencia y sus complejidades. En cambio, otros trabajos se han centrado en describir su capacidad para despertar y mantener la motivación del alumnado hacia la ciencia y su aprendizaje [por ej. 10-12].

La dimensión social en los espacios de educación no formal añade otra capa de enriquecimiento al proceso educativo. La interacción con pares y profesores en un contexto más relajado promueve el intercambio de ideas, la colaboración y el desarrollo de habilidades sociales [13].

Estas interacciones sociales no solo contribuyen al desarrollo de habilidades interpersonales esenciales, sino que también promueven una sensación de pertenencia y comunidad dentro del ámbito científico y a generar un cierto sentimiento de identidad [9], que lleva a los alumnos a percibirse a sí mismos como individuos interesados y capaces en el ámbito científico.

No obstante, a pesar de que los beneficios de las actividades no formales trascienden el ámbito de lo puramente cognitivo, el poder conectar la actividad con los contenidos curriculares es una de las razones u objetivos principales del profesorado al considerar la integración de este tipo de actividades en su programación [por ej. 14,15].

Esta prevalencia en la búsqueda de conexión con el currículo podría derivar del hecho de que los docentes a menudo deben justificar por qué llevan a cabo actividades no formales y cuáles son los beneficios de una actividad en particular para los estudiantes, y tienden a hacerlo en términos de la vinculación con el currículo, buscando establecer una conexión entre la actividad y los contenidos que lo conforman [15].

El propósito de este trabajo es analizar qué contenidos del currículo de secundaria consideran los profesores que se pueden trabajar en el marco de una actividad no formal específica: el Concurso de Cristalización en la Escuela. Así, se busca obtener un entendimiento más profundo de las potencialidades que los docentes identifican en este concurso y las oportunidades que ofrece para integrarse y complementar las actividades llevadas a cabo en el entorno formal del aula.

CONTEXTO DEL ESTUDIO: EL CONCURSO DE CRISTALIZACIÓN EN LA ESCUELA

El Concurso de Cristalización en la Escuela (CCEA) es la versión española de los concursos escolares de crecimiento de cristales que se llevan a cabo por todo el mundo [16,17]. En pocas palabras, el concurso pretende acercar la ciencia a los estudiantes a través de la realización de proyectos de investigación enfocados en el crecimiento cristalino.

El proyecto se desarrolla a lo largo de tres fases claramente diferenciadas. En la primera fase se lleva a cabo la formación del profesorado, centrándose en la información sobre la organización, el funcionamiento y el desarrollo del concurso. En la segunda fase los estudiantes se embarcan en la ejecución de sus proyectos de cristalización con el apoyo de sus profesores. Durante este proceso plantean preguntas de investigación, diseñan y realizan experimentos y analizan los resultados obtenidos para dar forma final a su proyecto. Por último, en la etapa final se celebra un congreso científico en el que un grupo de tres estudiantes de cada centro presenta su proyecto ante un jurado de expertos. Cada equipo confecciona un póster que resume el proyecto y establece un *stand* para exhibir sus cristales.

MÉTODOS

La investigación que se presenta forma parte de una serie de estudios en curso sobre el concurso. Estos estudios se abordan utilizando una metodología cualitativa con orientación descriptiva-interpretativa que busca comprender la experiencia y las percepciones de los participantes. Para la recogida de datos se diseñó un cuestionario de preguntas abiertas adaptado al contexto y los objetivos de la investigación, que se administró a los docentes antes de que comenzase la fase dos del proyecto.

La selección de participantes se llevó a cabo considerando criterios de accesibilidad e interés, abarcando a aquellos profesores de secundaria que tomaron parte en cualquiera de las cuatro ediciones del concurso entre los cursos académicos 2016/17 y 2019/20 y que accedieron voluntariamente a completar los cuestionarios. En total participaron 59 docentes de ambos sexos, de los cuales 43 se identificaron como mujeres (72%) y 17 como varones (28%).

El análisis de las respuestas proporcionadas por el profesorado se llevó a cabo mediante técnicas de análisis de contenido, adoptando una orientación semántica. En la primera fase, la información textual presente en las respuestas de los profesores se fragmentó en unidades de análisis denominadas “enunciados”. De esta manera, generalmente se obtuvieron múltiples enunciados de cada respuesta y, en la mayoría de los casos, estos fueron asignados a diferentes categorías.

En la segunda fase, las unidades de análisis se codificaron según su contenido y se organizaron en diversas categorías y subcategorías mediante un proceso inductivo. Finalmente, estas categorías y subcategorías fueron revisadas y reorganizadas generando un conjunto final que refleja y representa las impresiones de los docentes, permitiendo así la interpretación de sus respuestas de manera integral.

RESULTADOS

El análisis de las respuestas proporcionadas por los profesores ha permitido obtener cinco categorías diferentes en las que, además, se aprecian varios aspectos distintos o subcategorías (**tabla I**).

Tabla I. ¿Qué contenidos consideras que pueden trabajarse en el marco del CCEA? Categorías de respuesta y porcentaje de profesores que se refieren a cada una de ellas (n=59).

Categoría/Subcategoría.	Porcentaje de profesores
A. Competencias.	69,5%
A1. Competencia científica.	57,6%
A2. Competencia comunicativa.	13,6%
A3. Competencia digital.	11,9%
A4. Otras competencias	6,8%
B. Contenidos curriculares.	47,5%
B1. Contenidos relacionados con las asignaturas de “Física y Química”	30,5%
B2. Contenidos relacionados con las asignaturas de “Biología y Geología”	13,6%
B3. Otros contenidos.	25,4%
C. Habilidades, capacidades, actitudes y valores.	49,2%
C1. Colaboración y trabajo en equipo.	40,7%
C2. Habilidades.	27,1%
C3. Actitudes y valores.	13,6%
D. Cristales y cristalización.	39,0%
E. Laboratorio.	37,3%
E1. Comportamiento y trabajo en el laboratorio.	23,7%
E2. Reconocimiento y empleo del material de laboratorio.	13,6%
E3. Elaboración de un cuaderno de laboratorio.	13,6%

En primer lugar, la mayoría de los profesores encuestados hace referencia, de una manera u otra, a alguna de las competencias del currículo (A). Por ejemplo, dentro de la subcategoría A2 se recopilan las respuestas que hacen mención al uso del lenguaje y la capacidad comunicativa del alumnado. Los docentes destacan elementos como la expresión oral y escrita, la redacción, la presentación o la exposición ante un público.

En la subcategoría A3 se han agrupado las respuestas que están referidas a la competencia digital que los docentes consideran que se trabaja a través del empleo de las nuevas tecnologías y de herramientas como *Excel* o *PowerPoint*. Finalmente, la subcategoría A4 recoge las menciones a otras competencias, como la competencia para aprender a aprender o el sentido de la iniciativa y el espíritu emprendedor.

Sin embargo, casi un 60% de los docentes señala aprendizajes o contenidos que están directamente relacionados con lo que podría considerarse la competencia científica de los alumnos (A1). Estas respuestas se pueden distribuir en tres grupos diferentes.

En el primer grupo se incluyen aquellos contenidos asociados con la experimentación y el trabajo experimental. Los docentes mencionan diferentes elementos que se asocian con la actividad científica, como la toma e interpretación de datos, la creación de tablas y gráficos o la formulación de conclusiones. En cambio, en el segundo grupo aparecen aquellas respuestas que hacen referencia a lo que los docentes denominan “método científico” sin entrar en detalles sobre el significado que tiene el concepto para ellos. Por último, el tercer tipo de respuestas se centra en acercar la ciencia al alumnado incluyendo no solo los conocimientos o los contenidos científicos sino también la forma de pensar y de trabajar de los científicos.

En segundo lugar, un 48% de los profesores encuestados hace referencia a contenidos concretos de diferentes materias (B). Un 31% menciona contenidos del ámbito de la física y la química (B1), como podrían ser los vinculados a la estructura interna de la materia o los relacionados con la solubilidad y la preparación de disoluciones. En cambio, un 14% de los docentes menciona contenidos propios del ámbito de la geología (B2) remarcando especialmente aquellos relacionados con los minerales y las rocas. Finalmente, un 25% menciona otros contenidos curriculares de materias como tecnología, informática, educación plástica o idiomas (B3).

En tercer lugar aparecen las respuestas asociadas con el desarrollo de habilidades, capacidades, actitudes o valores en el alumnado (C). El 41% de los profesores hace referencia al aprendizaje en relación con la colaboración, el compañerismo y el trabajo en equipo (C1). El 27% de los docentes menciona habilidades más transversales, como la capacidad para organizarse y planificar, la creatividad, la capacidad de síntesis, el pensamiento crítico o la capacidad de trabajar de manera rigurosa y sistemática (C2). Por último, el 14% de los encuestados destaca actitudes como la autonomía, la motivación, el esfuerzo o el trabajo individual, y valores como la empatía (C3).

En cuarto lugar, un 39% de los docentes hace referencia a contenidos relacionados con la cristalografía o cristalización (D), aspectos que no figuran explícitamente dentro del currículo de secundaria. En particular los docentes mencionan contenidos que van desde el concepto de cristal hasta los factores que influyen en el proceso de cristalización pasando por las estructuras y redes cristalinas.

En quinto y último lugar, un 37% de los profesores reconoce que espera que el alumnado pueda adquirir aprendizajes y contenidos relacionados con el laboratorio como entorno de trabajo en ciencias (E). En particular, los docentes identifican tres grandes tipos de contenidos que dan lugar a tres subcategorías diferentes.

La primera (E1) está enfocada en el comportamiento y el trabajo en el laboratorio e incluye no solo los contenidos asociados con las técnicas y protocolos de trabajo sino también aspectos asociados con el respeto a las normas de seguridad y la manera de estar y de trabajar en el laboratorio.

La segunda (E2) se refiere a la familiarización del alumno con los materiales e instrumentos del laboratorio. En este sentido, los docentes consideran que la participación permitirá abordar los contenidos relacionados con el reconocimiento y empleo adecuados del material de laboratorio permitiendo al alumnado conocer el nombre de los diferentes instrumentos y para qué se usan.

En cuanto a la tercera, los docentes consideran que el alumnado podrá adquirir los conocimientos asociados con el cuaderno de laboratorio, aprendiendo a elaborar y utilizar un cuaderno de laboratorio y reconociendo la importancia del mismo y el papel que desempeña en la investigación científica.

DISCUSIÓN

En muchas ocasiones existe un prejuicio generalizado con respecto a las actividades de educación no formal que las presenta exclusivamente como eventos lúdicos con los que salpicar, de forma muy ocasional, la programación anual para ofrecer a los estudiantes la oportunidad de pasar un buen rato o hacer algo diferente por un día. No obstante, no parece ese el caso del CCEA puesto que las respuestas dadas por los docentes

permiten concluir que estos valoran lo que el proyecto aporta a sus alumnos desde el punto de vista académico por su contribución a la formación científica del alumno y no sólo como un recurso con el que amenizar la enseñanza de las ciencias.

Por ejemplo, desde la perspectiva del conocimiento del contenido, las respuestas del profesorado indican claramente cómo el concurso puede convertirse en un recurso con el que abordar algunos de los contenidos propios de los programas y currículos escolares. Aunque las respuestas de los profesores describen contenidos de diferentes materias, como cabría esperar, las menciones más recurrentes aparecen asociadas a las materias de “Biología y Geología” o “Física y Química”. En estudios previos se han analizado las posibilidades que ofrece el concurso para abordar este tipo de contenidos desde una perspectiva más teórica, a través del análisis documental de las órdenes que lo constituyen [18,19].

Estos trabajos presentan el concurso como una herramienta que podría contribuir a abordar bloques completos del currículo, como los asociados a la actividad científica, pero también determinados contenidos de ciertos bloques, como podrían ser los relacionados con la estructura interna de la materia o los minerales y rocas. De este modo, los contenidos que menciona el profesorado coinciden con los que se extrajeron del análisis curricular (en el marco LOMCE), pero la introducción del punto de vista del docente amplía la imagen trazada desde el análisis del currículo porque permite comprender cómo los profesores valoran de la experiencia las oportunidades que ofrece tanto para el enriquecimiento competencial como para el desarrollo de habilidades por parte del alumnado.

Por otra parte, los docentes ven en el concurso una oportunidad para ir un paso más allá del currículo y enriquecer la experiencia educativa de los estudiantes mediante la introducción de temas científicos adicionales y relevantes que, si bien no aparecen explícitamente en los documentos normativos (es el caso, por ejemplo, de la cristalografía), se asientan en o guardan una estrecha relación con ellos.

Es cierto que esta disciplina no termina de aparecer explícitamente recogida en el currículo, aunque sí lo hacen algunos de sus contenidos fundamentales como son los relacionados con disoluciones, concentraciones, solubilidad, etc. Este tipo de contenidos sí aparecen mencionados en las respuestas del profesorado, pero en otras ocasiones también aparecen alusiones más sutiles e indirectas a los elementos curriculares; por ejemplo, en aquellos casos donde se mencionan aprendizajes relacionados con el trabajo en el laboratorio y los procedimientos que lo caracterizan o el vocabulario científico. En estos casos, aunque las respuestas de los profesores o de los estudiantes no mencionen directamente la palabra “currículo”, es claro que se refieren a contenidos o a elementos que aparecen recogidos en la normativa.

No obstante, de los resultados descritos se infiere que lo verdaderamente importante no es tanto el hecho de que se pueda abordar este o aquel contenido de esta o aquella asignatura, sino que es posible relacionar contenidos de las diferentes materias y trabajarlos de forma conjunta en un mismo contexto. Este enfoque integrador permite vincular, por ejemplo, los contenidos propios de mezclas y disoluciones con los relacionados con la estructura interna de la materia, con la idea de que la materia tiende a ordenarse si se dan las condiciones y los tiempos necesarios, y que dicha ordenación puede ser apreciada en los materiales cristalinos que componen los minerales que constituyen las rocas.

En este sentido, quizá esta sea una de las grandes ventajas del concurso porque supone la posibilidad de ofrecer al alumnado una imagen del conocimiento científico como algo que está interrelacionado, de manera que los saberes de las diferentes disciplinas se entrelazan y se complementan entre sí, lo que permite adquirir una perspectiva más completa y global de la ciencia y una comprensión más profunda y significativa de los conceptos.

De forma similar, de acuerdo con las percepciones de los docentes, el concurso supone una oportunidad manifiesta para favorecer procesos de aprendizaje más competenciales y trabajar las diferentes competencias clave que vertebran el currículo, no solamente la competencia científica que, como cabría esperar, está muy presente en el desarrollo de las actividades del concurso [20].

En cualquier caso, en la bibliografía existen evidencias que sugieren que las actividades extracurriculares solo pueden tener un desarrollo conceptual significativo, especialmente a largo plazo, cuando presentan objetivos de aprendizaje que las vinculan con la escuela o el currículo [21,22]. El punto de vista reflejado por los docentes en este trabajo pone de manifiesto cómo el concurso ofrece esa posibilidad de conexión y, por lo tanto, puede resultar una experiencia que resuene en el alumnado, consolidando un conocimiento a largo plazo.

CONCLUSIONES

Este trabajo destaca la utilidad del Concurso de Cristalización en la Escuela como herramienta para abordar contenidos tanto explícitos como implícitos de los currículos españoles de educación secundaria, ofreciendo una imagen de su versatilidad y relevancia curricular. Los resultados también revelan cómo el concurso no solo aborda los conocimientos disciplinares, sino que también incide en el desarrollo de habilidades y competencias en los estudiantes mostrando que va más allá de la adquisición de conocimientos teóricos y se convierte en una experiencia integral de aprendizaje. En conclusión, los resultados subrayan la riqueza formativa del concurso y sugieren que este tipo de actividades no formales deberían considerarse no solo como eventos puntuales, sino como parte integral de una estrategia educativa más amplia y vinculada con la educación formal.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto PID2021-1236150OA-I00 (MINECO) y al grupo BEAGLE de investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales (S27_23R, Gobierno de Aragón) que pertenece al Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA).

REFERENCIAS

- [1] ESHACH, H. (2007) Bridging in-school and out-of-school learning: formal, non-formal, and informal education. *Journal of Science Education and Technology* 16, 171-190. doi:10.1007/s10956-006-9027-1
- [2] LOREDANA, S. (2013) Formal –non-formal– informal in education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 76, 821-826. doi:10.1016/j.sbspro.2013.04.213
- [3] BRAUND, M., REISS, M. (2006) Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education* 28, 1373-1388. doi:10.1080/09500690500498419
- [4] CANOVAN, C. (2019) More than a grand day out? Learning on school trips to science festivals from the perspectives of teachers, pupils and organisers. *International Journal of Science Education, Part B* 10, 1-16. doi:10.1080/21548455.2019.1680904
- [5] MARINHO DOS SANTOS, S.C., DE SOUSA, J.R., LOPES DE LIMA FONTES, A. (2020) Protagonismo estudantil em feiras de ciências. *Educação & Formação* 5(3), e2151. doi:10.25053/redufor.v5i15set/dez.2151
- [6] JARVIS, T., PELL, A. (2005) Factors influencing elementary school children's attitudes toward science before, during, and after a visit to the UK National Space Centre. *Journal of Research in Science Teaching* 42, 53-83. doi:10.1002/tea.20045
- [7] AGUNBIADE, E., NGCOZA, K., JAWAHAR, K., SEWRY, J. (2017) An exploratory study of the relationship between learners' attitudes towards learning science and characteristics of an afterschool science club. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education* 21, 271-281. doi:10.1080/18117295.2017.1369274
- [8] GUISASOLA, J., MORENTIN, M. (2007) ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias?: Una revisión de las investigaciones. *Enseñanza de las ciencias* 25, 401-414.
- [9] MILLAR, V., TOSCANO, M., VAN DRIEL, J., STEVENSON, E., NELSON, C., KENYON, C. (2019) University run science outreach programs as a community of practice and site for identity development. *International Journal of Science Education* 41, 2579-2601.
- [10] COVERT, H., TSHISWAKA, D.I., RAMKISSOON, I., SISKIN, E., LICHTVELD, M., WICKLIFFE, J. (2019) Assessing science motivation among high school students participating in a supplemental science programme: The Emerging Scholars Environmental Health Sciences Academy. *International Journal of Science Education* 41, 2508-2523. doi:10.1080/09500693.2019.1689308

- [11] TISZA, G., PAPAVALASOPOULOU, S., CHRISTIDOU, D., IIVARI, N., KINNULA, M., VOULGARI, I. (2020) Patterns in informal and non-formal science learning activities for children – A Europe-wide survey study. *International Journal of Child-Computer Interaction* 25, 100184. doi:10.1016/j.ijcci.2020.100184
- [12] WOITHE, J., MÜLLER, A., SCHMELING, S., KUHN, J. (2022) Motivational outcomes of the science outreach lab S’Cool LAB at CERN: A multilevel analysis. *Journal of Research in Science Teaching* 59, 930–968. doi:10.1002/tea.21748
- [13] MARTÍN-GARCÍA, J., DIES ÁLVAREZ, M.E. (2021) La relación profesor-alumno en contextos no formales: El Concurso de Cristalización en la Escuela. En J. A. Marín, J. M. Trujillo Torres, G. Gómez García, y M. N. Campos Soto (eds.), *Hacia una educación sostenible en educación*. (Primera, pp. 355-367). Dykinson.
- [14] GARNER, N., EILKS, I. (2015) The expectations of teachers and students who visit a non-formal student chemistry laboratory. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 11, 1197-1210. doi:10.12973/eurasia.2015.1415a
- [15] KARNEZOU, M., PNEVMATIKOS, D., AVGITIDOU, S., KARIOTOGLOU, P. (2021) The structure of teachers' beliefs when they plan to visit a museum with their class. *Teaching and Teacher Education* 99, 103254. doi:10.1016/j.tate.2020.103254
- [16] WHELAN, J., KOUSSA, J., CHEHADE, I., SABANOVIC, M., CHANG, A., CARELLI, D., AN, Z., ZHANG, L., BERNSTEIN, J., RABEH, W.M. (2018) Crystal growth, a research-driven laboratory course. *Journal of Applied Crystallography* 51, 1474-1480. doi:10.1107/S1600576718009573
- [17] WOUTERS, J., VAN MEERVELT, L. (2022) Classroom experiments with artificial sweeteners: Growing single crystals and simple calorimetry. *Acta Crystallographica Section E Crystallographic Communications* 78, 874-879. doi:10.1107/S2056989022007617
- [18] MARTÍN-GARCÍA, J., DIES ÁLVAREZ, M.E. (2020) El currículo de Geología a través del Concurso de Cristalización en la Escuela. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 28.3, 291-298.
- [19] MARTÍN-GARCÍA, J., DIES ÁLVAREZ, M.E. (2021) Actividades no formales como estrategia para abordar el currículo de Física y Química: El Concurso de Cristalización en la Escuela. *Anales de Química* 117, 240-245.
- [20] MARTÍN-GARCÍA, J., DIES ÁLVAREZ, M.E. (2022) Las experiencias de cristalización como semilla de la competencia científica. En J. M. Romero Rodríguez, M. P. Cáceres Reche, J. C. de la Cruz Campos, y M. Ramos Navas-Parejo (eds.), *Investigación educativa ante los actuales retos migratorios* (Primera, pp. 532-545). Dykinson.
- [21] DEWITT, J., STORKSDIECK, M. (2008) A short review of school field trips: key findings from the past and implications for the future. *Visitor Studies* 11, 181-197. doi:10.1080/10645570802355562
- [22] LEMELIN, N., BENCZE, L. (2004) Reflection-on-action at a science and technology museum: Findings from a university-museum partnership. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education* 4, 467-481. doi:10.1080/14926150409556628

COLORES, PIGMENTOS Y PINTURAS

José Antonio Martínez Pons

Grupo de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química. jamartinez46@gmail.com

Palabras clave: pinturas y pigmentos; reacciones de precipitación; operaciones básicas; reactivos limitantes; Álvaro Alonso Barba.

Keywords: paints and pigments; precipitation reactions; basic operations, limiting reagents; Álvaro Alonso Barba

Resumen

Con objeto de acercar la química partiendo de ideas corrientes de la vida diaria, se propone un conjunto de actividades en torno a la preparación y ensayo de unas pinturas, desde la preparación del pigmento hasta la pintura final. Se muestra algunas técnicas básicas en química y se pretende aclarar algunos conceptos, mediante la experimentación. Además se añade una breve pincelada histórica, con algunos experimentos transversales que utilizan como reactivo fundamental el sulfato de cobre (II), base del trabajo.

Abstract

In order to bring chemistry closer, on the basis of current ideas of daily life, a set of activities is proposed around the preparation and testing of paints, from the preparation of the pigment to the final painting. Some basic techniques in chemistry are shown and some concepts are clarified, through experimentation, in addition to a brief historical brushstroke, with some cross-sectional experiments using copper (II) sulfate as a fundamental reagent, the basis of this work.

INTRODUCCIÓN

En la idea básica de hacer ver que la química es una ciencia ubicua presente en muchas actividades se propone un trabajo práctico consistente en el estudio y preparación de una pintura [1,2]. El mismo experimento podría utilizarse tanto en primaria, trabajando los conceptos más elementales y visuales, como en universidad profundizando en todos y cada uno de los pasos que tienen lugar; por ejemplo la polimerización en emulsión [2] o afinando la cuantitatividad de los experimentos. Tal como se presenta se considera adecuada para 4º de ESO o 1º de bachillerato.

Los materiales que se precisan son baratos, fáciles de conseguir y con escaso peligro si se toman algunas precauciones como usar guantes de látex. Las manipulaciones, muy comunes en química, tampoco requieren especiales conocimientos y precauciones, puesto que no se desprenden gases nocivos en cantidad significativa.

CONCEPTOS EN TORNO A LOS QUE SE ARTICULA EL TRABAJO

Aunque se tocan muchos aspectos (algunos simplemente se mencionarán) se ha procurado organizar la propuesta de modo que pueda realizarse en bloques de un tiempo aproximado de 30 minutos; eso sí, en algún caso será oportuno dividir la experimentación en varias sesiones. No es preciso hacer todos los experimentos que se proponen [3].

- Composición y modo de operación de pinturas: pigmentos, secantes y disolventes; diferencia con tintes.
- Purificación de una sustancia cristalina por recristalización.
- Preparación de una disolución de una molaridad determinada.
- Reacciones de precipitación.
- Separación del precipitado: filtrado y secado.

- Concepto de reactivos limitantes y en exceso.
- Química del secado de una pintura.

No se propondrá, aunque es muy interesante, la reología de las pinturas por considerar que la física que encierra está por encima del nivel que se pretende en este trabajo, aunque sí es recomendable poder dar una breve explicación del papel del pincel en el esparcimiento de la pintura sobre el soporte.

PINTURAS, TINTES Y PIGMENTOS

El ser humano desde hace miles de años ha tratado de plasmar en forma de imágenes objetos, ideas, seres vivos o imaginarios. También le ha gustado cambiar el aspecto cromático de los objetos de su uso cotidiano como sus habitaciones, sus muebles, sus trajes, su propio cuerpo. Para ello ha empleado en general pinturas y tintes. Las primeras, dicho sea generalizando, actúan recubriendo la superficie de los objetos, pero sin penetrar en ellos. Los tintes, sin embargo, penetran por los poros del soporte y lo impregnan. Tanto unas como los otros deben fijarse de modo que sean indelebles, conserven sus tonalidades y se puedan aplicar con facilidad, no deben alterarse (o hacerlo lo menos posible) con el paso del tiempo y últimamente se exige que no sean tóxicas. Posiblemente hoy Velázquez o Goya no podrían utilizar algunos de sus brillantes pigmentos, por ejemplo el rojo bermellón con base en el sulfuro de mercurio, pero también es posible que el maestro de Fuendetodos no hubiera padecido algunos de los problemas físicos y mentales de sus últimos años de vida, consecuencia de posibles intoxicaciones con sus pinturas¹. Muy semejantes a las pinturas son los esmaltes, al óleo o plásticos, y las lacas y barnices; estos últimos no contienen pigmento. No nos vamos a referir a ellos ni a esmaltes cerámicos que requieren cocción en el horno del ceramista. Tampoco se hablará de pinturas al fresco, o al temple en sus diferentes variedades, ni de las modernas pinturas en polvo, ni otras que requieren tratamientos especiales de curado como algunas de las usadas en automoción; nos limitaremos a las pinturas “clásicas”. Los conceptos expuestos son muy esquemáticos, pero creemos que son suficientes para sentar unas bases mínimas para el desarrollo de la propuesta.

En principio, una pintura consta de tres componentes: pigmento, secante y disolvente (también llamado medio o dispersante). Además, puede contener otras sustancias, como aglutinantes, cargas que modifican su textura, aceleradores o retardantes del secado. Una descripción detallada de los pigmentos no es objeto de este trabajo; el lector interesado puede consultar los trabajos de las referencias [3-6]. El pigmento es una sustancia coloreada que, entre otros requerimientos, conserva el color al ser aplicada y, en el caso de las pinturas, es insoluble tanto en el secante como en el dispersante. Estos pigmentos pueden ser de origen mineral o biológico, ya sea animal, ya vegetal. Pueden ser naturales, aquellos que, salvo algunas operaciones como limpieza o triturado, no sufren más manipulaciones, o artificiales, que son productos de síntesis en el laboratorio. También los hay mixtos, es decir, pigmentos que partiendo de productos “naturales” se modifican, hoy en el laboratorio o la industria, antes en el taller del pintor; antiguamente los pintores estaban equiparados a los boticarios [5]. Precisamente la búsqueda de colorantes sintéticos fue uno de los motores del desarrollo de la química, sobre todo en siglo XIX. No obstante, colores artificiales o mixtos se fabricaban ya en la antigüedad, como el “azul egipcio” un bello colorante cuya “receta” nos ha llegado a través de Vitruvio, pero su composición y forma de preparación real todavía se discute, aunque Criado y otros han conseguido una excelente y rigurosa aproximación [6]. El secante debe ser una sustancia que al reaccionar, generalmente con el aire, o mejor dicho con el oxígeno que éste contiene, produce una estructura química capaz de adherirse al soporte y retener el pigmento (a veces se utiliza una base intermedia, a modo de imprimación, que cierra los poros y facilita la adherencia y distribución de la pintura, como el “geso”). El papel del disolvente es importante en el sentido que facilita la aplicación y conservación de la pintura, pero debe evaporarse después de la aplicación. Las pinturas, atendiendo al disolvente se clasifican, siempre generalizando, en dos grandes grupos, al agua y al óleo. Las pinturas al agua utilizan como disolvente el agua, aunque a veces esta puede sustituirse o complementarse con otras sustancias como etanol, metanol o isopropanol. En las pinturas al óleo el dispersante es un disolvente apolar, como la trementina (aguarrás, véase más adelante el apartado Notas).

¹ Se cuenta que Goya afilaba sus pinceles “chupándolos”. Una conducta semejante tenían las trabajadoras que pintaban con pinturas fosforescentes, algo radiactivas, las esferas de los despertadores, lo que parece causa de la elevada incidencia de cánceres de comisura de los labios que padecían.

Atendiendo al secante, las pinturas pueden por ejemplo ser:

1. Al huevo, en las que el secante es la yema de huevo debido a su contenido proteico, y además contiene lecitina que es un tensoactivo. Tienen el inconveniente de que deben prepararse casi en el acto ya que no pueden almacenarse mucho tiempo, a lo sumo unas 24 horas. Aunque es una técnica anticuada todavía hay artistas que la utilizan, pero suelen añadir barnices a sus preparados.
2. Con base en goma arábica. Son las pinturas al guache o témpera. Permiten colores intensos y opacos que secan rápido, pero su principal inconveniente es que si se pinta sobre ellas pueden volver a disolverse y mezclarse con las nuevas pinturas. En la acuarela, que es una pintura transparente, la base es también goma arábica pero los pigmentos suelen ser solubles en agua y con mucho menos cuerpo.
3. Pinturas acrílicas o plásticas. Estas pinturas secan mediante un mecanismo de polimerización en emulsión [4]. La base es una emulsión, el látex, constituida por polímero, iniciador, monómero y un tensoactivo, en la cual se encuentra suspendido el pigmento. La reacción transcurre en varias etapas. En pinturas se usa directamente el látex sin separarlo del medio de reacción. Las pinturas se extienden sobre la superficie a pintar con el mecanismo que sea, el agua simplemente se evapora y se forma una película de polímero que retiene los pigmentos y las eventuales cargas y restantes aditivos. Una vez seca la pintura plástica, puede pintarse sobre ella sin que las capas anteriores se disuelvan; sin embargo, muchas veces el soporte puede influir en el resultado final. Aquí se simulará utilizando como secante cola “blanca” de carpintero.
4. La pintura al óleo es la técnica pictórica reina desde el siglo XVI. En ella el secante es un aceite poliinsaturado, por ejemplo de nueces, hoy habitualmente aceite de semilla de lino, *linaza*, que puede usarse crudo o cocido, refinado o sin refinar. Seca por oxidación formándose puentes de oxígeno entre las insaturaciones de las distintas cadenas. Este aceite frecuentemente se combina con aceite de cártamo. El medio más habitual es la esencia de trementina, conocida vulgarmente por “aguarrás”, que se extrae por destilación de la resina del pino u otras pináceas y que a veces se sustituye por productos derivados del petróleo, comercializados como “trementina-símil” o white spirit; también se usan otros muchos disolventes. A la pintura se suelen añadir aditivos físicos y químicos, como secativos, cargas, etc. Su secado es bastante más lento que en las pinturas al agua, propiedad que puede utilizarse en la consecución de efectos como los difuminados o degradaciones (*sfumature*) Tienen un buen poder cubriente, que depende de los pigmentos, y una vez secas se puede pintar sobre ellas cubriendo sin problemas, como se revela mediante diferentes técnicas de exploración que descubren “arrepentimientos” (*pentimenti*) de los artistas o, simplemente, el reciclado de una obra anterior. Se fijan sobre la mayoría de los soportes, aunque lo habitual es usar lienzos preparados o tableros. Antigamente se pintó al óleo sobre láminas de cobre. También se puede utilizar la pintura bastante diluida sobre otra pintura ya seca, consiguiéndose efectos de veladura. También existen pinturas al óleo que admiten el agua como dispersante, lo que se debe a que en su composición integran emulsionantes que permiten que se forme una emulsión acuosa.



Figura 1. Ejemplos de algunas pinturas comerciales.

Con pigmentos y un aglutinante se preparan las pinturas al pastel. No contienen secante y generalmente deben fijarse con un fijador que se pulveriza sobre la obra ya concluida o cuando se desea fijar una etapa del trabajo. El soporte más habitual de esta técnica es el papel, aunque hoy en el comercio ya se encuentran pinturas al pastel que no precisan de fijador.

MATERIAL UTILIZADO

- Sulfato de cobre (II)
- Hidrogenocarbonato de sodio.
- Esencia de trementina (aguarrás).
- Cola blanca (poliacetato de vinilo)
- Aceite de linaza
- Goma arábiga.
- Paleta de plástico, agitadores, pinceles, embudos y papel de filtro.

El sulfato de cobre se conocía antiguamente con el nombre de caparrosa o vitriolo azul (la caparrosa verde es el sulfato de hierro (II)) Se encuentra en la naturaleza, por ejemplo en Copacaire (Chile). Cristaliza en forma de prismas azules pertenecientes al sistema triclinico y su densidad es $2,28 \text{ g cm}^{-3}$. Muchas veces, aun el sintetizado en la industria, contiene algo de sulfato de hierro que, con siete moléculas de agua, forma cristales isomorfos a los del sulfato de cobre pentahidrato; esto dificulta su separación por cristalización. Se utiliza, entre otras actividades, en la preparación de pigmentos y tintes y en agricultura para combatir el mildiu de la vid [8]. Si al preparar la disolución se observa algo de color verde, conviene acidificar el medio con unas gotas de ácido sulfúrico.



Figura 2. Material utilizado: como puede comprobarse, una buena parte del material es reciclado o adquirido en comercios no especializados en productos químicos.

UNA CURIOSIDAD HISTÓRICA

Álvaro Alonso Barba (Lepe, Huelva, 15 de noviembre de 1569 – Potosí, hoy en Bolivia, 1662), clérigo y metalúrgico, en su libro “El arte de los metales” [7] describe con gran minuciosidad la minería, metalurgia y las técnicas de beneficio y refinado que se empleaban entonces, pero creyente en la posibilidad de la transmutación de los metales propone un experimento para demostrar que es posible esa transmutación. El experimento propuesto consistía en introducir láminas de hierro en una disolución de caparrosa azul que, al decir del sacerdote, “se transforma en cobre fino”. Se puede reproducir introduciendo un clavo de hierro en una disolución de sulfato de cobre. Al poco tiempo, como pueden comprobar los estudiantes, la parte del clavo sumergida se recubre de cobre y, si se deja tiempo suficiente y la disolución de sulfato de cobre es bastante concentrada, parte del clavo puede llegar a desaparecer, quedando cobre sobre el clavo y en el fondo (fig. 3) Puede mostrarse el experimento a los estudiantes y pedirles que expliquen lo que ha ocurrido. Se les puede sugerir a modo de pista que observen cómo ha cambiado el color de la disolución, de azul a verdoso. El vaso de la derecha muestra el experimento a las 24 horas, aunque son suficientes unos pocos minutos para apreciar lo que ocurre.



Figura 3. A la izquierda se muestran clavo y disolución, a la derecha lo que queda del clavo 24 horas más tarde y se compara con una disolución idéntica a la inicial. Se observa el cobre depositado y el cambio del color de la disolución.

En 48 horas el clavo de 0,70 g se redujo a un “alfiler” de 0,06 g. En el fondo del vaso se aprecia el cobre y en el vidrio está lo que queda del clavo. En niveles más avanzados es una buena introducción al potencial de reducción y puede sugerir experimentar con diferentes metales. Si el experimento se lleva a cabo en un recipiente capaz de taparse herméticamente, puede servir también para comprobar la ley de Lavoisier. Se puede cristalizar el sulfato de hierro, pero este compuesto es bastante inestable y es posible que parte de él se oxide a sal de hierro(III). Esta oxidación se puede evitar, ya sea siguiendo al P.Victoria [9] y precipitando el sulfato de una disolución saturada con etanol, ya simplemente acidificando con ácido sulfúrico diluido la disolución.

Se puede ampliar el experimento repitiéndolo con una lámina de aluminio, vale por ejemplo la base de una lata de cerveza o refresco. Se observará que “no ocurre nada”, ello se debe a que el aluminio se pasiva porque sobre su superficie se forma una capa de óxido que adherida a la lámina la protege; sin embargo, si se añade a la disolución un poco de sal común se deposita cobre como pasaba con el hierro y la disolución va decolorándose. La explicación rigurosa del porqué excede el nivel exigible a este nivel; puede decirse que el ion cloruro ataca al óxido.

PREPARACIÓN DEL PIGMENTO: PASOS PREVIOS

Si el sulfato es comercial se purificará por recristalización disolviendo los cristales en agua y filtrando las posibles impurezas. Es muy probable que en el filtro aparezcan restos de cobre o hierro; si así ocurre se hará que los alumnos se fijen en ello. En este trabajo se ha partido de sulfato de cobre comercial que se puede comprar en un almacén de productos para la agricultura, pero si se utiliza sulfato de laboratorio, más caro pero imprescindible si se busca cuantitatividad, este paso no es necesario.

VOLVEMOS AL EXPERIMENTO BÁSICO DE ESTE TRABAJO

La malaquita es un mineral de color verde azulado que cristaliza en el sistema monoclinico, aunque en general se presenta en formas arracimadas o fibrosas, compactas o terrosas. Su dureza está comprendida entre 3,9 y 4,0 en la escala de Mohs y su densidad entre 3,5 y 4,0 g cm⁻³. Químicamente se trata de carbonato básico de cobre(II) [CuCO₃·Cu(OH)₂]. Pura, contiene un 57,4% de cobre (puede proponerse a los estudiantes que lo comprueben) y es fácil su reducción, por lo que es una buena mena de este metal, pero sobre todo se usa como piedra ornamental por su fácil pulido, no así en joyería por su relativamente baja dureza (recuérdese el “quiosco de malaquita”, uno de los bienes preciados del rey en el poema de Rubén Darío). El pigmento que se utilizará es verde malaquita, el cual se produce por reacción del sulfato de cobre(II) con hidrogenocarbonato de sodio. Este pigmento tiene la misma composición que la malaquita natural y no debe confundirse con el color verde malaquita (verde victoria o verde basural), que es un pigmento artificial de fórmula C₂₃H₂₃N₂Cl₂ perteneciente a la amplia familia de materias colorantes derivadas del trifenilmetano [9].



Figura 4. Pigmento seco.

PREPARACIÓN DE LA MALAQUITA

Existen diversas variedades de malaquita con coloraciones entre verde y verde azulado, y para su síntesis también hay varias técnicas que no se describen por brevedad [2]. La que se propone es la más simple porque no requiere manipulaciones complicadas y puede realizarse a temperatura ambiente. Se partirá del sulfato de cobre(II). La reacción que tiene lugar es



Esta reacción no es tan rápida como parece indicarse en [1]. Se verterán en un vaso de plástico “alto” por lo menos unos 20 mL de disolución de sulfato aproximadamente 1 M, que puede haber sido preparada previamente por el profesor. Se añadirá una cucharadita de bicarbonato de sodio. Se observará cómo inme-

diatamente se produce una intensa efervescencia. Luego la disolución se enturbia y cambia de color. Conviene dejar que transcurran unos minutos después de que cesa el burbujeo antes de filtrar. Para un simple ejercicio cualitativo este tiempo no es importante, pero sí lo es si se desea profundizar un poco en conceptos como reactivo limitante o en exceso. En la práctica puede dejarse apartada y rotulada, y continuar con otra preparada con antelación. Un buen ejercicio puede ser que los alumnos escriban la reacción o, por lo menos, nombren productos y reactivos y verifiquen que la reacción presentada está igualada. Se observará el color de las aguas madres y se comparará con el de la disolución de sulfato. Se les preguntará ¿Ha cambiado? ¿Cómo y por qué? ¿Queda algo de sulfato presente en las aguas madres? ¿Cómo puede comprobarse? En este momento se puede introducir el concepto de reactivo limitante y tratar de averiguar cuál ha sido el de esta reacción. También puede sugerirse añadir un poco de bicarbonato a las aguas madre y ver si hay o no burbujeo. La presencia de burbujeo indicará que todavía queda sulfato de cobre sin reaccionar y que por tanto el reactivo limitante es el bicarbonato. El precipitado recogido es el pigmento verde malaquita, que convendrá lavar con agua clara sin sacarlo del filtro ni del embudo. El paso siguiente es el secado; como es evidente, éste requiere un tiempo del que no se dispone en una clase. Puede recogerse cada filtro debidamente numerado y dejarlo que seque durante unos días hasta una próxima sesión o utilizar el producto preparado previamente por otro grupo o por el profesor y dejar el preparado propio para otros grupos. Una vez seco es conveniente reducir el producto a polvo lo más fino posible; lo ideal es un mortero y macilla de vidrio, pero vale un vasito y una varilla gruesa de vidrio o plástico duro (fig. 4). Es posible hacer este paso cuantitativo, midiendo las cantidades de bicarbonato, sulfato y pigmento seco, verificado cual es el reactivo limitante y comparar los resultados obtenidos con los esperados para estimar el rendimiento de la reacción. Sin embargo, este paso parece oportuno solo como trabajo voluntario con estudiantes motivados, o en segundo de bachillerato.

PREPARACIÓN Y PRUEBA DE LA PINTURA

En tres o cuatro alveolos de una paleta de plástico se depositará una porción de pigmento y se añadirá a cada uno respectivamente unas gotas de goma arábica, cola blanca, si se desea huevo batido y aceite de linaza, removiendo enérgicamente y añadiendo unas gotas de agua o esencia de trementina según convenga. Si se usa el huevo es conveniente agregar a la mezcla un poco de barniz incoloro al agua, aunque en principio desvirtúe la idea básica. Para las pinturas de agua no es necesario que el pigmento esté bien seco, pero es conveniente. Se puede operar por grupos con cantidades mayores, pero haciendo que cada grupo trabaje con un solo tipo de pintura, para luego poner en común los resultados. Una vez conseguidas sendas mezclas uniformes, se tomará un pincel para cada vaso, se pintará una línea en un papel grueso. Se observará y comentará la calidad de lo pintado (brillo, poder cubriente, limpieza del color, etc.) y se compararán las distintas pinturas. Conviene dejar secar y en una sesión posterior volver a observar los resultados y, si se han conservado las pinturas preparadas, pintar encima y ver qué ocurre. Observar los tiempos de secado de las pinturas preparadas es interesante, profundizar en la fisicoquímica del secado dependerá del nivel que se desee alcanzar; pero al menos se deberá formular el aceite de linaza y hacer notar sus insaturaciones.

NOTAS RECORDATORIO

Conviene recordar algunos aspectos de las sustancias que se utilizan no descritos antes. [10]. Algunas tienen utilidad en la alimentación, pero nunca deben consumirse ni probarse si se trata de productos industriales ("de droguería") como es este caso, y solo se pueden ingerir si se trata de preparaciones destinadas expreso al consumo humano.

Aceite de linaza. Es un aceite, por tanto, una mezcla de ésteres de ácidos grasos, que se extrae de la semilla del lino (*Linum usitatissimum*). Presenta un alto contenido, del orden de 73%, de derivados de ácidos poliinsaturados (omega-3 y omega-6), de la serie del ácido linoléico y, además de su utilidad industrial (por ejemplo se emplea en el templado del acero), se utiliza en la industria alimentaria y en medicina, pero debe usarse con las debidas precauciones. El aceite de cártamo deriva de las semillas del cártamo o alazor; (*Carthamus tinctorius*) contiene ácido linoleico y presenta utilidades semejantes.

Aceite o esencia de trementina: Se obtiene de la destilación de la resina del pino. Además de sus aplicaciones industriales también tiene aplicaciones médicas, pero ingerido por vía oral puede ser tóxico².

² En medicina popular se utilizaba para el tratamiento de golpes y era la base de un linimento muy difundido. Como curiosidad, un practicante que trabajó en la antigua Guinea Española le contó al autor que los nativos se drogaban con ese linimento. Parece que un bracero se dio un fuerte golpe y el practicante le dio un botellín del linimento para que se diera friegas, pero él se lo tomó por vía oral, le gustó y fue el principio del problema.

Aguarrás similar o White Spirit: Sucedáneo más barato. Es una mezcla de hidrocarburos que se obtiene del petróleo. Ni este ni el anterior deben verse en los desagües domésticos porque son contaminantes.

Goma arábiga: También llamada goma de acacia y en industria alimentaria aditivo E 414, es un polisacárido que se obtiene de la secreción de diferentes acacias como la *A. senegal* (goma del Sudán o de Cordofán). Su composición es variable, aunque contiene D-galactosa, L-arabinosa, L-ramnosa y algunos ácidos derivados como el ácido D-glucurónico o el ácido 4-O-metil-D-glucurónico.

INCIDENCIAS Y PRECAUCIONES

Es muy conveniente que se utilicen tres pinceles diferentes, uno para cada pintura, y se debe recordar a los estudiantes que al acabar la sesión deben limpiarlos convenientemente, especialmente el que se ha utilizado para la pintura plástica. Como ya se ha dicho, en ninguna de las experiencias propuestas hay desprendimiento de gases nocivos, ni hay que calentar. Tampoco requieren instrumental especializado, bastan unos vasitos de plástico y unas cucharillas que pueden adquirirse en un bazar. Intencionadamente para los experimentos que se muestran en el trabajo se ha utilizado mayoritariamente material reciclado o reciclable. No es necesario realizarlas en el laboratorio, pueden hacerse en la propia aula de clase con la única precaución de usar bandejas de plástico también reutilizadas y de cubrir las mesas con un papel de periódico. Finalmente pueden utilizarse en actividades en las que los alumnos explican a sus compañeros de otros cursos o a visitantes externos experimentos de química.

REFERENCIAS

(7, 9 y 10 son publicaciones muy antiguas pero contienen mucha e interesante información que debe ser tomada con las debidas precauciones).

- [1] GAQUERE-PARKER, A.C., DOLES, N.A., PARKER, C.D. (2016) *J. Chem. Educ.* 93, 152-153.
- [2] SATTAR, S. (2023) *J. Chem. Educ.* 100, 4072-4076.
- [3] MARTÍNEZ PONS, J.A. (2017) *An. Quim.* 113, 113-120.
- [4] HORTA ZUBIAGA, A. (1982) *Macromoléculas*. UNED, Madrid. Vol. 1, pág. 64.
- [5] SAN ANDRÉS, M., SANCHO, M., DE LA ROJA, J.M. (2010) *An. Quim.* 106, 58-65.
- [6] CRIADO PORTAL, A.J., GARCÍA SÁNCHEZ, L. et al. (2011) *An. Quim.* 107, 163-166.
- [7] ALONSO BARBA, A. (1640) *Arte de los metales en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro, y plata por azogue. El modo de fundirlos todos y como se han de refinar, y apartar unos de otros*. Madrid. pág. 80. Reeditado como facsímil en 1992 por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- [8] ABELLÁN, G., ROSALENY, L., CARNICER, J., BALDOVÍ, J.L., GAITA-ARIÑO, A. (2014) *An. Quim.* 110, 211-217.
- [9] VITORIA, E. (1923) *Prácticas Químicas para Cátedras y Laboratorio*. Miguel Casals editor, Barcelona.
- [10] THORPE, E. (1922) *Enciclopedia de la química industrial*. Editorial Labor, Barcelona.

TEMATIZACIÓN DE LOS CONTENIDOS DE QUÍMICA GENERAL DE PRIMER CURSO EN GRADOS DE CIENCIAS: UNA TRAVESÍA POR EL CARIBE ESPAÑOL A PRINCIPIOS DEL SIGLO XVIII

Jose Manuel Méndez Arriaga¹, Sandra Jiménez Falcao²

¹ Departamento de Biología y Geología, Física y Química Inorgánica, E.S.C.E.T., Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles, Madrid. (España). jose.mendez.arriag@urjc.es

² Grupo de Nanotecnología Orgánica, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del espacio, Universidad Politécnica de Madrid. (España). sandra.jfalcao@upm.es

Palabras clave: piratas; tematización de clases; motivación del alumnado; química.

Keywords: pirates; themed classes; student motivation; chemistry.

Resumen

Para aumentar la motivación del alumnado de primer curso de los grados de ciencias en la asignatura de Química General, hemos desarrollado un seminario tematizado para afianzar los conceptos explicados en las clases magistrales impartidas durante el curso. El hilo conductor escogido ha sido una travesía en un barco pirata, desde el momento del aprovisionamiento en puerto, pasando por el periplo de una búsqueda del tesoro, hasta llegar al destino final. Esta tematización nos permitió utilizar conceptos de química general aplicados a ejemplos reales, lo que no solo ayuda a que los alumnos mantengan el interés y participen en la clase, sino que ha demostrado ser útil a la hora de que apliquen la teoría a ejemplos reales. La experiencia ha sido muy positiva, tanto por la buena acogida de los alumnos como por los resultados obtenidos, y esperamos repetirla en cursos posteriores.

Abstract

To increase the motivation of first-year science degree students in General Chemistry classes, we have developed a themed seminar to strengthen the concepts explained in the master classes taught during the course. The topic chosen has been a journey on a pirate ship, from the moment of provisioning in port, through the journey of a treasure hunt, until reaching the destination. This theming allowed us to use general chemistry concepts applied to real examples, which not only helps students maintain interest and participate in class but has also proven to be useful when applying theory to real examples. The experience has been very positive, both for the good reception of the students and for the results obtained, and we hope to repeat it in subsequent courses.

I. INTRODUCCIÓN

La motivación del alumnado en asignaturas de ciencias siempre ha supuesto un reto al que se enfrentan los docentes en todos los niveles educativos, desde primaria hasta nivel universitario. La falta de interés por algunas materias hace que los estudiantes se vean tentados al absentismo a clase o directamente a abandonar las asignaturas, por considerarlas difíciles o abstractas. La búsqueda de nuevas metodologías con las que hacer que las asignaturas de ciencias resulten atractivas a los alumnos es un reto al que se enfrentan los docentes cada curso [1]. Además, la ausencia de motivación no es un parámetro a tener en cuenta exclusivamente entre los estudiantes, ya que, como dice la autora Sureda García [2], la presencia del docente es imprescindible en

los procesos instruccionales y su motivación juega un papel determinante en la calidad de la transmisión de conocimientos hacia el alumnado. Es normal que, tras muchos años explicando la misma materia, la motivación del docente se resienta ante la ausencia de nuevos retos a la hora de desarrollar sus clases, con idéntico contenido curso tras curso.

Para resolver esta problemática, existe una tendencia al uso de metodologías más activas y atractivas para acercar la materia a los alumnos, tales como la gamificación [3,4] o la ludificación [5,6] de los contenidos. En este artículo proponemos un punto intermedio entre ambas mediante la tematización de las clases, en las que el docente juega un papel fundamental, mejorando la motivación tanto de quien recibe las clases como de quien las imparte.

La presente actividad tenía como principal objetivo mejorar la motivación del alumnado frente a la química. En concreto se trabajó con los conceptos básicos de la asignatura de Química General, tales como la preparación de disoluciones, problemas de termoquímica o reacciones ácido-base. Para ello, se escogió un tema de conocimiento público como son los piratas, para explicar los conceptos explicados durante el curso mediante clases magistrales. Además, se utilizó como hilo conductor de un viaje en barco pirata para dar contexto a los problemas y cuestiones a resolver durante el curso de una forma más atractiva, con la que los estudiantes se sientan parte de la historia y el docente tenga un nuevo punto de vista para abordar (nunca mejor dicho) la explicación mediante estos seminarios tematizados [7].

2. METODOLOGÍA

La tematización de las clases se llevó a cabo como prueba piloto en el curso 21/22 y se ha repetido en cursos posteriores, tanto en la asignatura de Química General como en las de Química Inorgánica y Química Inorgánica Avanzada, empleando diferentes hilos conductores. Para el caso que nos ocupa, se seleccionó una travesía en barco pirata, desde el aprovisionamiento en puerto, pasando por el viaje arribando a diferentes islas y el hito final de conseguir encontrar un tesoro de oro y plata. Se llevó a cabo en los grados en Ciencias Experimentales e Ingeniería de Materiales de la Universidad Rey Juan Carlos, en la asignatura Química General de primer curso.

Los temas a tratar fueron:

Disoluciones: tipos de mezclas, mezclas homogéneas, propiedades coligativas de las disoluciones y coloides. **Termodinámica química:** bases de la termodinámica, calor y trabajo, primer principio, energía interna y entalpía, ecuaciones termoquímicas, segundo y tercer principio, entropía, espontaneidad y energía de Gibbs. **Cinética química:** velocidad de reacción, ecuación cinética y ecuaciones integradas, efecto de la temperatura, modelos experimentales y mecanismos de reacción. **Equilibrio químico:** concepto y constante de equilibrio, cálculo de las constantes de equilibrio y de las concentraciones de equilibrio, equilibrios heterogéneos, desplazamiento del equilibrio y principio de Le Châtelier.

El procedimiento consistió en dividir la clase en pequeños grupos de 5 o 6 alumnos, formando equipos con un capitán elegido por ellos. Los estudiantes tenían a su disposición los apuntes de clase para consultarlos si era necesario. El profesor, disfrazado de pirata, dirigía la sesión narrando las acciones que se llevaban a cabo en cada parte del seminario, desde cómo se introducían las provisiones en el barco, el reclutamiento de la tripulación, todos los problemas durante la travesía y la llegada a la isla del tesoro. Durante la narración, se iban planteando problemas a resolver por los equipos, para ganar puntos y obtener el premio final, dentro de un baúl de madera, que los alumnos desconocían.

Algunos de los ejemplos tratados en el seminario se citan a continuación:

Tema: Disoluciones de líquidos y sólidos

- Para que duren más las reservas de alcohol de la tripulación, se diluyen con agua. Calcula la masa molecular del alcohol etílico sabiendo que una mezcla de 2,0 L de agua y 0,5 L de ese alcohol, del 96% y densidad 0,8 g/mL, producen un descenso crioscópico de 7,7°C. ($K_c = 1,86 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{kg} / \text{mol}$)
- Una botella de ron de 1 L tiene una concentración alcohólica de 40°. Sabiendo que la densidad del alcohol etílico es de 0,78 g/mL y que solo el 15% del alcohol ingerido pasa a la sangre, ¿qué cantidad de alcohol en sangre (en gramos) tendrá alguien que se la beba entera?

- En el cofre hay unos pendientes de aleación de oro y plata. Se utilizaron 21 g de oro y 8 g de plata para fabricarlos. Hallar la fracción molar de cada componente de la aleación.

Tema: Propiedades coligativas; presiones parciales con una reacción de oxidación de las cadenas del ancla.

- A 25°C y 1 atm, el hierro es oxidado por el vapor de agua, al mismo tiempo que se desprende hidrógeno. Cuando se llega al equilibrio en la reacción, la presión parcial del hidrógeno es 490 mm Hg, y la del agua 270 mm Hg. Si el grado de disociación del agua a 25°C y 1 atm vale $1,8 \cdot 10^{-9}$, calcula la presión del oxígeno en el proceso de disociación del óxido de hierro (II).

Tema: Equilibrio químico, explicando el funcionamiento muscular de los calamares con la presencia de amoníaco en sus organismos.

- A 270°C se mezclan 1 mol de N_2 y 3 moles de H_2 . Al llegar al equilibrio, se han formado 0,4 moles de NH_3 y la presión es de 10 atm. Hallar: a) los moles de cada gas y la presión parcial de cada gas, en el equilibrio; b) K_p para la reacción.

Tema: Termodinámica química, con la reacción de combustión de la pólvora

- La ecuación simplificada de la combustión de la pólvora es:



Si para disparar una bala de cañón hacen falta 0,2 moles de pólvora ¿qué energía, en unidades de kJ/mol, se libera al lanzar 100 cañonazos?

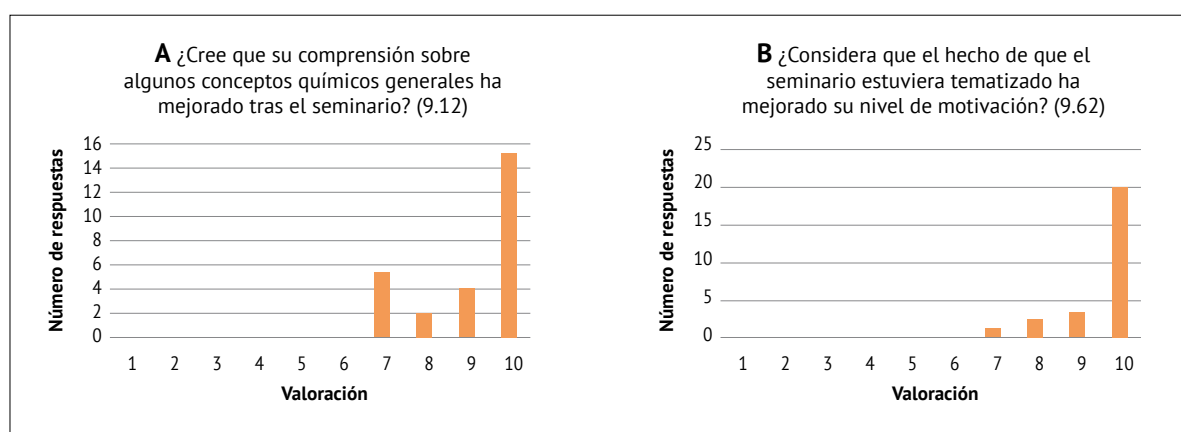
Una vez finalizado el seminario, el equipo con más puntos pudo abrir el cofre y descubrir su contenido, en el que había monedas de chocolate y un pergamino que decía que el equipo ganador tendría 0,25 puntos extra en la nota final de la asignatura.

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron excelentes, tanto desde el punto de vista de la motivación del alumnado como desde el de la motivación de los docentes. La implicación de los alumnos en el seminario fue total, creando un buen ambiente de competición entre compañeros y estando completamente atentos al desarrollo de la historia.

Tras el desarrollo de la actividad, los estudiantes (>70% de los matriculados) rellenaron una encuesta sobre su grado de satisfacción con la actividad desarrollada, que se resume en la **figura 1**.

El grado de satisfacción en todos los aspectos consultados está por encima de los 9 puntos, demostrando que la tematización ha tenido una influencia muy positiva en la motivación de los alumnos. Muchos de los estudiantes propusieron nuevos temas para futuros seminarios e incluso mejoras en el desarrollo de la actividad para cursos posteriores, creando una retroalimentación entre profesor y alumnos y una implicación en el desarrollo de las clases muy positiva.



(Figura 1. Continúa en página siguiente).

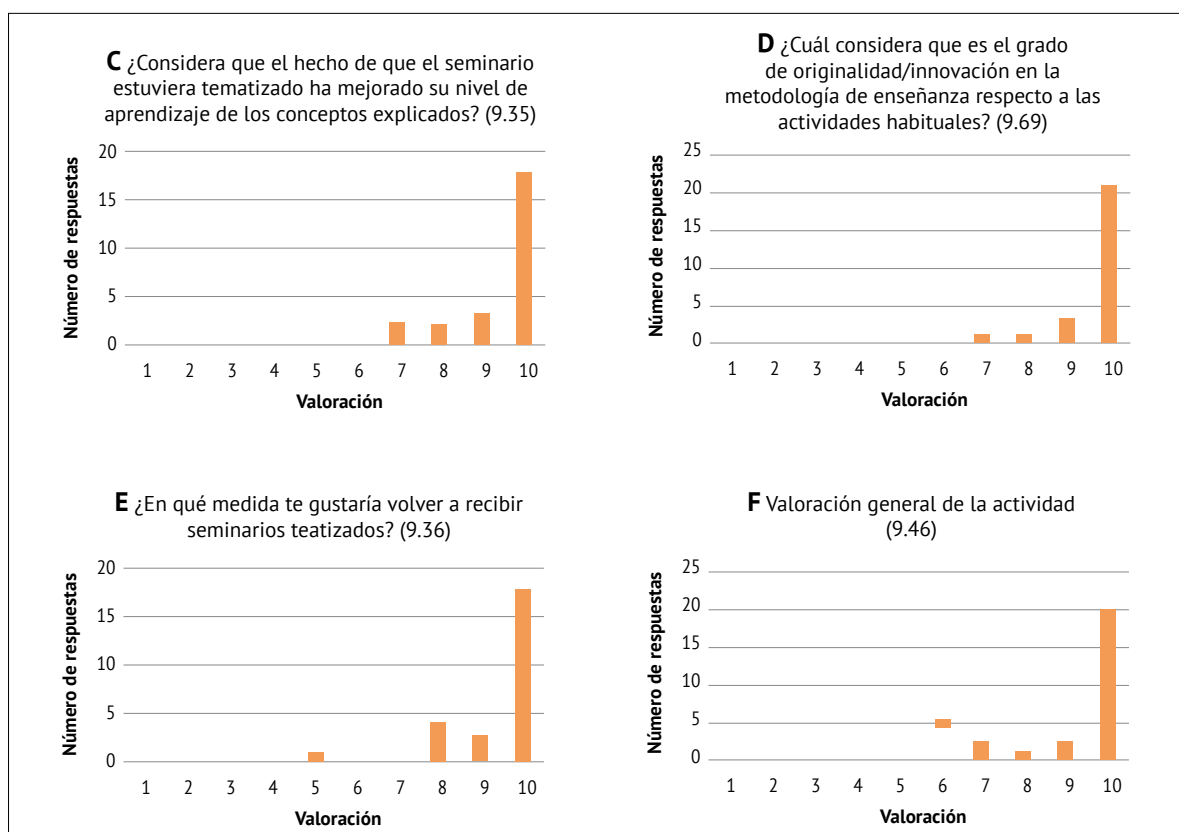


Figura 1. Resultados de las preguntas (A-F) en la encuesta realizada al finalizar el seminario. Entre paréntesis, el valor promedio obtenido.

4. CONCLUSIONES

La tematización de seminarios en química ha resultado ser una acción favorable para mejorar la motivación de estudiantes y profesores. La experiencia piloto se repitió en cursos posteriores y en el curso 23/24 se extendió a otras asignaturas (Química Inorgánica y Química Inorgánica Avanzada), repitiendo la temática de piratas adaptada a los contenidos de la asignatura, así como empleando otras temáticas como historias de terror o la resolución de un asesinato en una mansión inglesa.

Se continúa trabajando en la elaboración de material docente en abierto, tanto de la elaboración de guiones de los seminarios tematizados como guiones de prácticas y el proyecto propuesto para el curso 24/25 de transformación de los seminarios tematizados en *podcast* para el público general.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] CERVERO, A., CONTRERAS, A.U., BLANCO, L.Á. (2020) Motivación y relevancia del docente desde la percepción de las familias y los alumnos. *Revista INFAD de Psicología. International Journal of Developmental and Educational Psychology* 1, 93-100. doi:10.17060/ijodaep.2020.n1.v1.1765
- [2] GARCÍA, I.S. (2002) Estrategias psicopedagógicas orientadas a la motivación docente: revisión de un problema. *Revista Española de Pedagogía* 60, 83-97.
- [3] CORNELLÀ, P., ESTEBANELL, M., BRUSI, D. (2020) Gamificación y aprendizaje basado en juegos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 28, 5-19.
- [4] GARCÍA, Á.P., GARCÍA, L.C.F., RODRÍGUEZ, I.S. (2024) Gamificar en el ámbito universitario online para favorecer la motivación del alumnado: una experiencia en el grado de pedagogía. *EduTec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa* 88, 93-106. doi:10.21556/edutec.2024.88.3109

- [5] PERDOMO VARGAS, I.R., ROJAS SILVA, J.A. (2019) La ludificación como herramienta pedagógica: algunas reflexiones desde la psicología. *REXE - Revista de Estudios y Experiencias en Educación* 18, 161-175. doi:10.21703/rexe.20191836perdomo9
- [6] LOZANO LUCIA, O.R., SÁNCHEZ LÓPEZ DE ANDÚJAR, A. (2021) Diseño, aplicación y resultado de una estrategia de ludificación como actividad de cierre en clases de química. *Educación Química* 32, 59-73. doi:10.22201/fq.18708404e.2021.5.78989
- [7] GARCÍA BORRÁS, F.J. (2011) Las escenas cinematográficas: una herramienta para el estudio de las concepciones alternativas de física y química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8(3), 291-311. hdl:10498/14392

MERCURIUS PRAECIPITATUS PER SE: HISTORIA Y DIDÁCTICA DE LA QUÍMICA EN UN TUBO DE ENSAYO

Luis Moreno Martínez

IES Enrique Tierno Galván (Parla), Comunidad de Madrid. Grupo Especializado de Didáctica e Historia, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química. .

Palabras clave: física y química; enseñanza secundaria; laboratorio escolar; historia de la química; didáctica de la química.

Keywords: physics and chemistry; secondary education; school laboratory; history of chemistry; didactics of chemistry.

Resumen

El presente trabajo aborda la recreación con fines educativos de un experimento de gran relevancia en la Revolución Química del siglo XVIII: la síntesis y análisis del *mercurius praecipitatus per se*, óxido de mercurio que atrajo la atención de destacadas personalidades de la historia de la química, como Antoine Laurent Lavoisier. Partiendo de la conversión del experimento histórico en experimento didáctico adaptado al laboratorio escolar, se ofrece una secuencia de aprendizaje diseñada para la materia de Física y Química de 4º de ESO a fin de abordar los fundamentos de la reactividad química y otros aprendizajes sobre naturaleza de la ciencia.

Abstract

This work presents the didactic recreation of an important experiment of the 18th century Chemical Revolution: synthesis and analysis of *mercurius praecipitatus per se*. This mercury oxide drew attention to important figures in the history of chemistry, such as Antoine Laurent Lavoisier. Turning this historical experiment into a didactic experiment for school laboratories, this paper offers a learning sequence for the Physics and Chemistry subject in 4th year secondary education in order to address the foundation of chemical reactivity and the nature of science.

INTRODUCCIÓN

La historia de la química constituye una herramienta didáctica de gran interés para el profesorado de enseñanza secundaria, pese a su no siempre destacada presencia en el currículo y en los libros de texto de ESO y Bachillerato [1]. Entre sus muchas potencialidades pedagógicas, que aparecen resumidas en la **tabla 1**, cabe destacar su uso para el diseño de experiencias didácticas que integran múltiples aproximaciones metodológicas ampliamente avaladas por la bibliografía académica en el ámbito de la didáctica de las ciencias, como el aprendizaje experimental o el enfoque en la naturaleza de la ciencia como aspecto relevante en la educación científica [2].

A los aspectos anteriores cabe añadir que desde la investigación en historia de la química se ha señalado la existencia de imágenes deformadas sobre el desarrollo de la química y sobre sus protagonistas, que en ocasiones son transmitidas en la enseñanza [3]. Este hecho, unido a la escasa formación del profesorado STEM en historia de la ciencia, no hace sino acentuar el problema [4]. Por ello, la experiencia que se detalla en el presente trabajo pretende contribuir a conectar la investigación académica en didáctica e historia de la química con la práctica docente en enseñanza secundaria. Así, se ha partido de un capítulo de la historia de la química que ha sido ampliamente estudiado por los especialistas en historia de la ciencia, como es la Revolución Química del siglo XVIII [5]. Lejos de imágenes individualistas, triunfalistas y aproblemáticas de la conformación de la química como ciencia, la Revolución Química fue un proceso histórico colectivo en el que convivieron

Tabla 1. Potencialidades pedagógicas de la historia de la química.

	Para el profesorado	Para el alumnado
Enseñar y aprender química	Actúa como criterio de selección y secuenciación de contenidos (saberes básicos).	Contribuye a situar conceptos, leyes, modelos y teorías de la química en su contexto.
	Puede actuar como hilo conductor para diseñar actividades, secuencias de aprendizaje, unidades didácticas y situaciones de aprendizaje.	Ayuda a relacionar los aprendizajes sobre química.
	Permite identificar en el alumnado ideas previas y errores conceptuales.	Promueve el aprendizaje significativo de la química.
	Propicia la colaboración del profesorado de distintas especialidades.	Permite relacionar la química con otras materias STEM y del ámbito social y humanístico.
Enseñar y aprender sobre química	Permite humanizar la química.	Contribuye a valorar la química como actividad humana y como parte integrante de la cultura.
	Contribuye a la formación del profesorado, aportando una visión crítica sobre la química y su dimensión social.	Propicia la reflexión en torno a las relaciones entre química y sociedad. Permite superar visiones deformadas de la química como actividad humana.

múltiples explicaciones para los mismos fenómenos y en el que el acomodo entre los experimentos y las teorías no resultó sencillo. Por ello, su transposición didáctica ofrece un contexto privilegiado para abordar aprendizajes fundamentales de la química escolar (como los relacionados con la reactividad química) y aprendizajes sobre la naturaleza de la química como ciencia (como el carácter empírico, provisional y tentativo del conocimiento científico). Ambos aspectos están ampliamente respaldados en el marco del currículo derivado de la LOMLOE para la etapa de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) [6].

Desde este marco, la experiencia didáctica diseñada pone el foco en un experimento destacado de la Revolución Química: la síntesis y análisis del *mercurius praecipitatus per se*, un óxido de mercurio que atrajo la atención de varias figuras destacadas de la historia de la química, como Nicolás Lémer y (1645-1715), Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), Joseph Priestley (1733-1804), Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) y Marie Anne P. Paulze (1758-1836). El presente trabajo recupera este experimento histórico para, posteriormente, abordar su adaptación para uso didáctico y ofrecer una secuencia de aprendizaje para la materia de Física y Química de 4.º de ESO a fin de que el alumnado:

- Desarrolle su capacidad de observación como una destreza científica básica.
- Reflexione sobre la relación y no siempre sencillo acomodo entre los hechos experimentales y las teorías científicas, valorando así la naturaleza empírica y provisional del conocimiento científico.
- Conozca algunos hitos de la historia de la química, como la Revolución Química del siglo XVIII, extrayendo lecciones sobre la naturaleza de la química como ciencia, con especial atención a su carácter colectivo y al papel de las mujeres.
- Aplique conceptos fundamentales de la reactividad química, como la ley de conservación de la masa, los cálculos estequiométricos, los tipos de reacciones químicas y su representación atómico-molecular y simbólica.
- Se inicie en el aprendizaje de las reacciones redox, vinculando el concepto de número de oxidación aprendido al abordar la formulación y nomenclatura inorgánica con los aprendizajes sobre reactividad química.
- Reconozca la reversibilidad de algunos procesos químicos.
- Respete las medidas de seguridad en el laboratorio y se informe sobre la toxicidad de algunas sustancias químicas, como el mercurio.

EXPERIMENTO HISTÓRICO

Mercurius praecipitatus per se significa literalmente "mercurio precipitado por sí mismo". Con este nombre se designaba en el siglo XVIII al hoy conocido óxido de mercurio(II) o monóxido de mercurio (HgO). Este compuesto era descrito como una *cal* roja de mercurio que al calentarse daba lugar al líquido elemento. El químico francés Nicolás Lémery (1645-1715) señaló que este compuesto podía utilizarse como laxante y en el tratamiento de enfermedades como la viruela. El mismo Lémery apuntó que su síntesis era costosa, ya que se requería calentar mercurio durante meses para que los corpúsculos de fuego lograsen penetrar en el metal. Las dificultades en la producción de este compuesto y su fácil descomposición térmica llevaron a muchos químicos de la época a pensar que el mercurio, al igual que otros metales nobles como el oro y la plata, no formaba auténticas *cales* (óxidos en la terminología actual) al calentarse.

En aquella época la conversión de metales en *cales* se explicaba mediante la teoría del flogisto de George Ernst Stahl (1660-1734), quien a su vez la reformuló a partir de los trabajos de su mentor Johann J. Becher (1635-1682). Según esta teoría cuando un metal se calcina libera un misterioso ente o fluido conocido como flogisto. Para que la *cal* diera lugar de nuevo al metal sería necesario suministrarle flogisto, el cual podía proceder de una llama o de sustancias ricas en flogisto (un ejemplo serían los combustibles, como el carbón). El químico francés Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) logró obtener mercurio metálico a partir del *mercurius praecipitatus per se* recurriendo a un sistema de lentes para calentar la *cal* usando la luz solar; lo que llevó a pensar que la propia luz estaba relacionada con el flogisto.

El estudio del análisis del *mercurius praecipitatus per se* también fue abordado por el destacado químico inglés Joseph Priestley (1733-1804), quien puso especial atención en el "aire" generado como consecuencia de su descomposición térmica. Así, observó que al calentar la *cal* roja de mercurio se producía "un aire" capaz de avivar vigorosamente la llama de una vela. Además, observó que, al ser respirado, producía una sensación en los pulmones más intensa que el aire común. Priestley lo denominó "aire desflogisticado", ya que si era capaz de favorecer la combustión de otros cuerpos en su seno era por su capacidad para aceptar el flogisto liberado por el combustible al arder. Priestley visitó al celeberrimo químico francés Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) en el otoño de 1774, lo que impulsó a Lavoisier a centrar su atención en el caso del *mercurius praecipitatus per se*. En un principio pensó que la *cal* roja de mercurio era en realidad una combinación de mercurio con aire fijo, gas estudiado previamente por el químico inglés James Black (1728-1799). Para comprobar la validez de su hipótesis, Lavoisier realizó varios experimentos. En uno de ellos sometía al *mercurius praecipitatus per se* a calentamiento sin carbón, obteniendo "un aire" con propiedades análogas al aire desflogisticado de Priestley: avivaba las llamas de las velas, dotaba de vigor a los animales que lo respiraban y no daba sabor ácido al agua, en la que se recogía con gran dificultad. Lavoisier lo denominaría "aire más puro que el aire". La explicación de este experimento según la teoría del flogisto se recoge en la **figura 1**.



Figura 1. Análisis y síntesis de *cales* según la teoría del flogisto.

Al someter a la *cal* roja de mercurio a calentamiento en presencia de carbón obtuvo "un aire" con propiedades análogas al aire fijo de Black: extinguía las velas, provocaba la muerte de animales, precipitaba el agua de *cal*, se combinaba con álcalis (eliminando su causticidad) y se disolvía en agua dotándola de un sabor ácido. La explicación de este experimento según la teoría del flogisto se recoge en la **figura 2**.



Figura 2. Tratamiento de cales con carbón según la teoría del flogisto.

Estas experiencias llevaron a Lavoisier y su fiel ayudante, su esposa Marie Anne P. Paulze (1758-1836), a iniciar en abril de 1776 una investigación que pasaría a convertirse en un experimento clásico de la historia de la química. El experimento se recoge en la figura 3. Dicha experiencia fue incluida en el *Traité Élémentaire de Chimie* (1789), obra en la que Lavoisier recopiló sus principales contribuciones a la química con la ayuda de Marie Anne, que realizó maravillosas ilustraciones de los experimentos. Esta labor de ilustración fue muy relevante para la divulgación y reproducibilidad de las experiencias de Lavoisier, tanto en su época como tras su muerte.

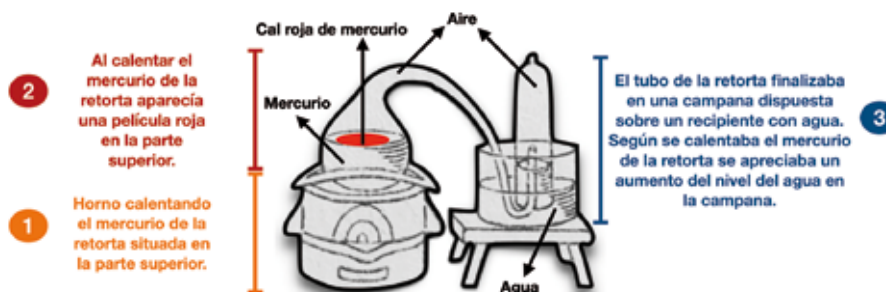


Figura 3. Montaje diseñado por el matrimonio Lavoisier para estudiar la formación del *mercurius praecipitatus per se*.

Según la teoría del flogisto, este experimento se explicaba considerando que el mercurio metálico (como todos los metales) estaba formado por la correspondiente *cal* (o tierra vitrificable) y flogisto. A tenor de estos y otros experimentos y de no pocas cavilaciones, callejones sin salida, controversias y disputas, Lavoisier abogó por prescindir de la teoría del flogisto y considerar los procesos de síntesis y análisis de las *cales* (como el *mercurius praecipitatus per se*) como reacciones químicas en las que no se intercambiaba flogisto, sino oxígeno (del griego, "generador de ácidos"). Este oxígeno sería, asimismo, uno de los componentes del aire común, tal y como probaba el aumento del nivel de agua en la campana (generándose un vacío parcial). Fue llamado así por Lavoisier, quien consideraba que era el responsable de la acidez de las sustancias. Aunque en este punto estuvo errado, su explicación de la calcinación permitió explicar satisfactoriamente los experimentos anteriores, tal y como recoge la figura 4, así como otros fenómenos como la respiración, la combustión y la composición del agua.

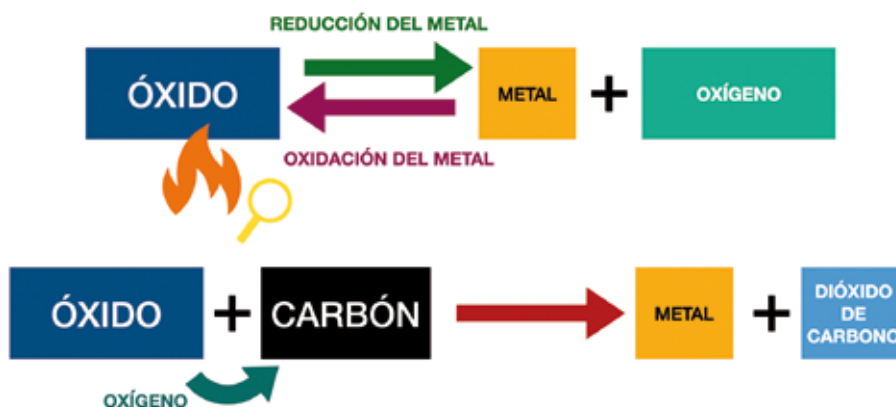
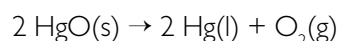


Figura 4. Montaje diseñado por el matrimonio Lavoisier para estudiar la formación del *mercurius praecipitatus per se*.

Un aspecto cuantitativo reseñable de estos experimentos es que podía comprobarse que las *cales* tenían una mayor masa que sus respectivos metales. Si la *cal* absorbía flogisto para formar el metal (pues *cal* + flogisto = metal), ¿cómo explicar que la masa del metal formado fuese menor que la de la *cal* de partida? Este hecho cuantitativo fue justificado por algunos defensores de la teoría del flogisto aludiendo a que el flogisto podía tener peso negativo o que podía dotar de cierto "carácter liviano" a las sustancias que lo contienen. Esto, unido al papel pasivo que la teoría del flogisto otorgaba al aire y al descubrimiento de los componentes del aire y de la composición del agua, terminaron por relegar esta teoría al olvido frente a la propuesta de Lavoisier que permitía interpretar y explicar cuantitativamente de forma más eficiente y predictiva los procesos de oxidación como la calcinación, la combustión y la respiración.

EXPERIMENTO DIDÁCTICO

En el laboratorio escolar es posible realizar la recreación didáctica de los experimentos con el *mercurius praecipitatus per se*. Para realizar la experiencia basta con disponer unos pocos miligramos de este óxido (disponible comercialmente) y una pequeña pieza de aluminio en el interior de un tubo de ensayo que se calienta haciendo uso de un mechero Bunsen. Debido a la formación de vapores de mercurio (que, aunque se trabaja con cantidades muy pequeñas, son tóxicos), se debe realizar esta experiencia en una campana extractora de gases o, en su ausencia, en una zona con abundante ventilación y cerrando el extremo abierto del tubo. También se deben usar guantes, gafas protectoras, bata y mascarilla. La reacción es de interés por permitir introducir de forma sencilla el concepto de oxidación y reducción. Se trata de una reacción endotérmica favorecida termodinámicamente a altas temperaturas:



La introducción de la pieza de aluminio supone una innovación respecto a la experiencia original y tiene por objetivo comprobar de forma segura la formación de mercurio, ya que el mercurio generado por descomposición térmica del HgO forma *in situ* una amalgama con el aluminio. Esto permite explicar que dicha pieza "engorde" y el polvo de HgO desaparezca según se desarrolla la reacción, tal y como puede observarse en la **figura 5** y en el vídeo de la experiencia [7].

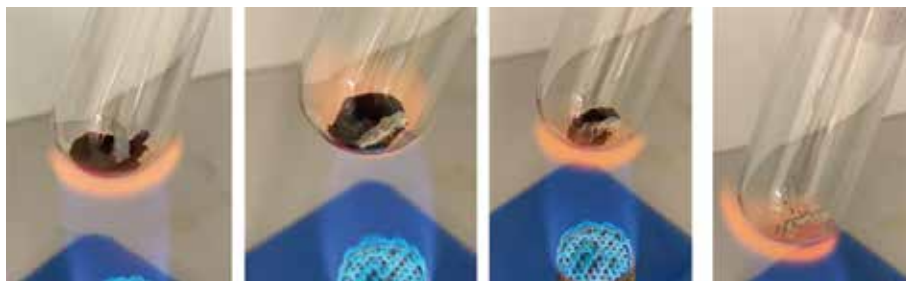


Figura 5. Al avanzar la reacción el mercurio generado forma una amalgama con el aluminio.

Además, conociendo la masa inicial de HgO y determinando la variación de masa de la pieza de aluminio (previamente pesada), se puede determinar la cantidad de mercurio generada y el rendimiento de la reacción, teniendo en cuenta que no todo el mercurio generado forma amalgama con el aluminio, ya que también se encuentra en forma de vapor que forma un espejo metálico en las paredes del tubo de ensayo, como se puede apreciar en la **figura 6**.

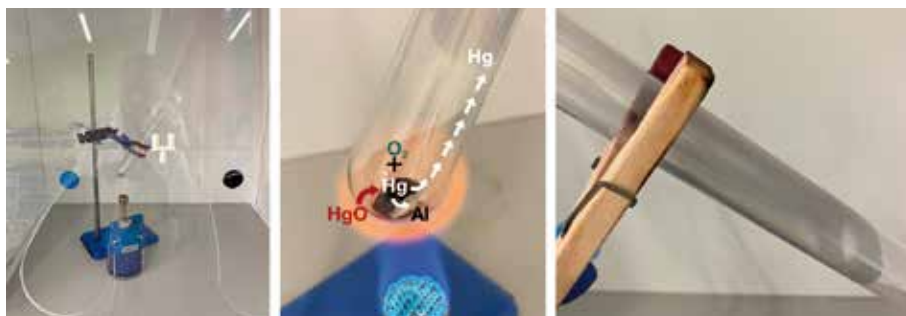


Figura 6. Montaje experimental y desarrollo de la reacción.

Otra variante de este experimento consiste en repetir el proceso de calentamiento sin aluminio. En este caso puede apreciarse la reversibilidad del proceso, ya que una vez cesa el calentamiento del *mercurius praecipitatus per se*, este mismo recupera su color original, como se observa en la **figura 7** y en el vídeo de la experiencia [7].

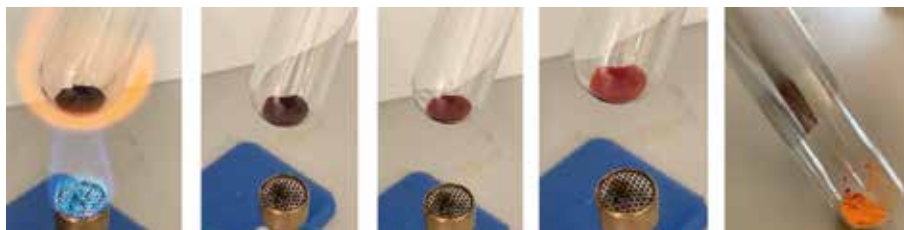


Figura 7. En ausencia de aluminio, al dejar de calentar el HgO recupera su color original.

SECUENCIA DE APRENDIZAJE

El experimento histórico reconvertido en experimento didáctico adaptado al laboratorio escolar de Física y Química constituye el punto de partida de la secuencia de aprendizaje diseñada. La misma se inicia con la recopilación de varios datos a través de la observación detallada del desarrollo del experimento y de la búsqueda de datos, cumplimentando la ficha recogida en la **tabla 2**, para posteriormente responder las actividades de la **tabla 3** [7].

Tabla 2. Ficha de recogida de datos experimentales.

Montaje experimental	Reactivo	Información cualitativa sobre la reacción	
Representa aquí el montaje experimental, indicando el nombre de los materiales utilizados en el experimento.	Fórmula:	PRIMER EXPERIMENTO	
	Tipo de compuesto:	¿Se observa cambio de calor?	
	Nombres del compuesto:	¿Se observa desprendimiento de gases o vapores?	
	Densidad (g/cm ³):	¿Qué le ocurre a la pieza de aluminio?	
	Punto de fusión (°C):	SEGUNDO EXPERIMENTO	
	Información del etiquetado:	¿El proceso es reversible?	
¿Qué medidas de seguridad se han adoptado?	¿Qué precauciones deben seguirse en su manejo?	Información cuantitativa sobre la reacción	
		Masas molares (g/mol)	HgO:
			Hg:
			O ₂ :
		Ecuación química ajustada	
		Masa inicial HgO(g)	
		Masa de la pieza de aluminio (g)	Inicial: Final:

Tabla 3. Actividades que conforman la secuencia de aprendizaje diseñada.

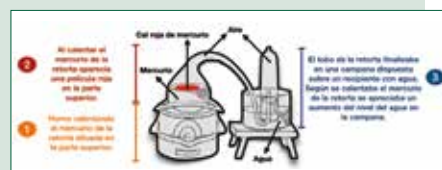
- Haz una representación a escala atómico-molecular del proceso que tiene lugar.
- Realiza los cálculos estequiométricos pertinentes para determinar:
 - La cantidad de sustancia de cal roja de mercurio de partida.
 - La cantidad de sustancia de mercurio y de oxígeno que se deberían obtener.
 - La cantidad de sustancia de mercurio que ha formado amalgama con el aluminio.
 - El rendimiento de la reacción.
- La descomposición térmica del *mercurius praecipitatus per se*, ¿es una reacción de síntesis o de análisis? ¿Es una reacción endotérmica o exotérmica? Justifica tu respuesta.

- En el siglo XVIII, el químico inglés Joseph Priestley (1733-1804) prestó mucha atención al *mercurius praecipitatus per se*. Priestley era un gran defensor de la teoría del flogisto. Según esta teoría alquímica, formulada anteriormente por Johann Becher (1635-1682) y George Ernst Stahl (1660-1734), cuando un metal se calcina (es decir, forma una *cal*), libera un misterioso ente o fluido conocido como flogisto, el cual también formaba parte de las sustancias combustibles. Cuando una *cal*, como el *mercurius praecipitatus per se*, se sometía a una llama o se calentaba con la luz solar mediante una lupa, la *cal* liberaba de nuevo el metal. Priestley también observó que cuando la *cal* se descomponía en un recipiente cerrado, el gas contenido en el interior del recipiente tenía unas propiedades muy interesantes: avivaba la combustión de la llama de las velas y resultaba muy vigorizante para quienes lo respiraban. Lo llamó aire desflogisticado, porque no poseía flogisto. Todos ello se resume en la figura.



- Según la teoría del flogisto, ¿ $cal = metal + flogisto$ o $metal = cal + flogisto$?
- Si experimentalmente se observa que la masa de *cal* es mayor que la masa de metal, ¿qué masa debería tener el flogisto?
- ¿Por qué se generaba aire desflogisticado cuando la *cal* se transformaba en metal?
- Priestley realizó otro experimento en el que sometía a la *cal* roja de mercurio a calentamiento con carbón. En este caso, además de obtener mercurio metálico se obtenía un aire, llamado aire fijo, cuyas propiedades habían sido estudiadas por el químico inglés James Black (1728-1799): extinguía las velas, provocaba la muerte de animales, se combinaba con álcalis (bases) y se disolvía en agua, dotándola de un sabor ácido. Haz un diagrama como el de la figura que te permita explicar el experimento con la teoría del flogisto. ¿De dónde procedería el flogisto?

- En el otoño de 1774, Priestley visitó París. En la ciudad francesa se reunió con Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). Lavoisier y su mujer, Marie Anne P. Paulze (1758-1836), tuvieron un papel clave en la Revolución Química. Gracias a la información facilitada por Priestley, el matrimonio Lavoisier comenzó en abril de 1776 un experimento que se convertirá en un clásico de la historia de la química. Este experimento, que se resume en la figura, ayudó a Lavoisier a defender su idea de la calcinación de los metales como una combinación química de los metales con uno de los componentes del aire al que llamó oxígeno, que significa "generador de ácidos", pues sostenía que este elemento debía estar presente en todos los ácidos.



- Usando las ideas de Lavoisier, ¿qué tipo de compuestos serían las *cales*?
- Usando las ideas de Lavoisier, justifica la formación del *mercurius praecipitatus per se* en la retorta y el ascenso del nivel del agua en la campana. ¿Se observará variación en la masa total?
- A partir de las ideas de Lavoisier, identifica qué gas era el aire fijo de Black y cuál el aire desflogisticado de Priestley comentados en la actividad 4.
- Lavoisier llegó a pensar que el *mercurius praecipitatus per se* era una combinación de mercurio con aire fijo. ¿Era correcta esta hipótesis?
- Los ácidos son una familia muy diversa de compuestos químicos, como el ácido clorhídrico (HCl), el ácido sulfúrico (H₂SO₄), el ácido cianhídrico (HCN) o los ácidos carboxílicos como el ácido acético del vinagre (CH₃-COOH). ¿Crees que era correcta la denominación de Lavoisier para el oxígeno?

- Completa los huecos de la siguiente tabla que compara la vieja teoría del flogisto con la nueva teoría química de Lavoisier, indicando si pueden o no explicar los hechos experimentales.

Información cualitativa sobre la reacción	Teoría del flogisto	Teoría de Lavoisier
La masa de la <i>cal</i> es mayor que la masa del metal de procedencia		
La descomposición de la <i>cal</i> produce un aire que aviva la combustión		
Cuando la <i>cal</i> se trata con carbón se obtiene el metal y aire fijo		
Si la calcinación de la <i>cal</i> se realiza en un sistema cerrado, la masa no varía		
La descomposición del <i>mercurius praecipitatus per se</i> es un proceso reversible		

7. Junto a los químicos Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), Antoine François de Fourcroy (1755-1809) y Claude Louis Berthollet (1748-1822), Lavoisier renovó el lenguaje de la química, lo que dio lugar al libro *Méthode de Nomenclature Chimique* (1787). Observa los términos de ambas columnas y encuentra las parejas de términos equivalentes.

Términos según la teoría del flogisto	Términos de la química moderna
Aire desflogisticado	Óxido
Aire parcialmente flogisticado portador de agua	Agua
Flogisto	Oxígeno
Cal + Flogisto	Nitrógeno
Aire desflogisticado + flogisto	Hidrógeno
Cal	Aire común
Aire completamente desflogisticado	Metal

8. En química, las reacciones de oxidación se pueden definir como procesos en los que una sustancia gana oxígeno, pero también, en los que el número de oxidación o valencia de un elemento aumenta. Siempre que ocurre una reacción de oxidación debe producirse simultáneamente una reacción de reducción, en las que el número de oxidación o valencia de un elemento disminuye. Es por ello que hablamos de reacciones redox o reacciones de oxidación-reducción. Escribe la ecuación química del proceso de descomposición del *mercurius praecipitatus per se* en mercurio y oxígeno. Sabiendo que en las reacciones redox se considera que los átomos de los elementos libres (no combinados) tienen número de oxidación 0, averigua qué elemento se oxida y qué elemento se reduce.
9. Tras haber realizado las actividades, indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones, corrigiendo las que sean falsas:
- Las teorías científicas se suceden en el tiempo, sin periodos de convivencia.
 - Un mismo hecho experimental puede ser explicado con diferentes teorías.
 - La Revolución Química fue un proceso individual llevado a cabo en solitario por Lavoisier.
 - La terminología química no está relacionada con las ideas científicas de cada época.
10. Para finalizar:
- Lee el siguiente artículo sobre Marie Anne P. Paulze (1758-1836) e indica cuatro contribuciones de esta científica a la química: <https://rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/marie-anne-pierrette-paulze-mas-conocida-por-marie-lavoisier/>
 - Busca al mercurio en la tabla periódica interactiva de la Real Sociedad Española de Química (<https://tablaperiodica.anales-dequimica.es/>) y elabora un breve resumen (de no más de 10 líneas) con los principales aspectos de este elemento químico, con especial atención a su toxicidad.

CONCLUSIONES

El desarrollo completo de la experiencia diseñada, desde la observación detallada del experimento de cátedra basado en la adaptación didáctica del experimento histórico a la realización de las actividades que conforman la secuencia de aprendizaje, constituye una estrategia docente que ha resultado de gran utilidad por permitir:

- Desarrollar la capacidad de observación en el trabajo científico.
- Contextualizar el aprendizaje de la reactividad química, incorporando un episodio clave de la historia de la química, la Revolución Química, que no suele tener un papel destacado ni en materiales ni en contextos educativos.
- Mostrar que en ciencia un mismo hecho experimental puede ser explicado por varias teorías que conviven y rivalizan entre sí.
- Introducir las reacciones de oxidación-reducción, aspecto de interés para el alumnado que vaya a cursar las materias de Física y Química en Bachillerato.
- Cuestionar la idea de que todos los procesos químicos son irreversibles.
- Mostrar el carácter empírico y provisional del conocimiento científico.
- Subrayar la naturaleza colectiva de la ciencia como actividad humana.
- Visibilizar a las mujeres en ciencia a través del caso de Marie Anne P. Paulze.

Más de dos siglos después, el *mercurius praecipitatus per se* nos ofrece al profesorado de Física y Química un escenario de aprendizaje privilegiado para trabajar en el aula y en el laboratorio escolar algunos de los fundamentos de la química de la mano de los protagonistas que contribuyeron a su conformación como una ciencia experimental moderna. Supone una clara muestra de cómo la investigación en didáctica e historia de la ciencia enriquece la crucial labor del profesorado en pro de la cultura científica de la sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] 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.
- [2] MORENO MARTÍNEZ, L. (2023) El valor educativo de la historia de la química para las aulas de secundaria. *Anales de Química* 118(3), 163-171.
- [3] ÁVILA RODRÍGUEZ, L.E. (2021) *Química: Historia, Filosofía y Educación*. Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional.
- [4] MORENO GONZÁLEZ, A. (2000) La historia de la ciencia: ¿saber útil o saber curioso? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* 24, 99-113.
- [5] BERTOMEU SÁNCHEZ, J.R., GARCÍA BELMAR, A. (2006) *La Revolución Química. Entre la historia y la memoria*. Valencia, Universitat de València.
- [6] MORENO MARTÍNEZ, L., DE LA FUENTE FERNÁNDEZ, A., RODRIGUEZ-VILLAMIL, A. (2022) Física y Química en la LOMLOE: Una mirada al nuevo currículo de ESO y Bachillerato. *Faraday. Boletín de Física y Química* 37, 4-14.
- [7] MORENO MARTÍNEZ, L. (2024) Mercurius praecipitatus per se. [En línea], disponible en: <https://luismormz.jimdo.com/mercurius-praecipitatus-per-se/> [Consultado el 18/4/2024].

PASEOS DIVULGATIVOS: INTEGRANDO LA METODOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE-SERVICIO EN LA EDUCACIÓN STEAM

Gabriel Pinto Cañón, Victoria Alcázar Montero, María Martín Conde

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

Palabras clave: aprendizaje-servicio (ApS); divulgación de áreas STEAM; ocio y cultura; paseos divulgativos.

Keywords: leisure and culture; outreach guided tours; service-learning; STEAM outreach.

Resumen

Se recoge información sobre una actividad realizada en la Universidad Politécnica de Madrid con la colaboración de otras instituciones. Alumnos y profesores participaron en el diseño e implementación de dos rutas divulgativas: “La Ilustración española y el descubrimiento de tres elementos químicos” y “Los ‘altos del hipódromo’: una zona emblemática de la ‘Edad de Plata’ de la cultura española”. Se introducen la relevancia de la divulgación de temas STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) y del Aprendizaje-Servicio. Seguidamente, se presentan los objetivos, metodología y resultados alcanzados (muy satisfactorios para los colectivos implicados).

Abstract

Information is gathered on the development of an activity carried out at the *Universidad Politécnica de Madrid*, in collaboration with other institutions. Students and professors participated in the design and implementation of two educational tours: “The Spanish Enlightenment and the discovery of three chemical elements” and “The ‘heights of the racetrack’: An emblematic area of the ‘Silver Age’ of Spanish culture.” In this work, the relevance of outreaching STEAM topics and the educational methodology of Service-Learning, are introduced. Next, objectives, methodology used and results achieved (which were very satisfactory for all the groups involved) are shown.

INTRODUCCIÓN

Está ampliamente admitida la necesidad de que la sociedad en general, y los jóvenes de forma especial, conozcan y valoren las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Estas relaciones forman parte de lo que actualmente se conoce como educación STEM, de *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, o STEAM, donde se incluyen las *Arts* [1,2]. Este tipo de educación se inscribe en un espectro amplio de metodologías didácticas que, en las últimas décadas, persiguen una mayor implicación del alumno, el fomento de su motivación y el aprendizaje significativo, en todas las etapas educativas. Entre esas metodologías se encuentra el Aprendizaje-Servicio (ApS), enfocado hacia el aprendizaje del alumno, a la vez que genera un impacto positivo en su entorno social [3].

La LOMLOE [4], que rige actualmente el sistema educativo español en sustitución de la LOMCE de 2013, destaca el ApS como una estrategia pedagógica que fomenta la competencia social y ciudadana, la aplicación de conocimientos y destrezas a situaciones reales, y los lazos entre los centros educativos y la comunidad. Se promueve que el alumno no solo adquiera conocimientos, sino que desarrolle habilidades sociales y emocionales, comprendiendo la relevancia de lo que está aprendiendo y cómo puede utilizarlo. También la Ley Orgánica del Sistema Universitario (LOSU), aprobada en 2023, cita el ApS [5] como uno de los mecanismos de las universidades para reforzar la colaboración con las administraciones locales y con los actores sociales de su entorno.

El ApS es una estrategia bien consolidada, aplicada con éxito en la universidad [6]. Salam *et al.* estudiaron su aplicación en educación superior, exponiendo el marco teórico, metodologías, integración en diversas disciplinas, problemas en su implementación, resultados pedagógicos y beneficios asociados, entre otros aspectos [7]. Para promover su práctica, se creó, en 2019, la Oficina de ApS de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) [8]. Desde dicha Oficina se introduce la temática ApS, se destaca el papel de los colectivos implicados (estudiantes, docentes y entidades), se promueven proyectos, y se ha elaborado una interesante guía sobre esta metodología [9]. En ella, se resalta que es clave para cultivar talentos individuales, a la vez que fomenta el compromiso social, para lo que se necesita la relación de dos vertientes: que exista tanto un aprendizaje como un servicio que dé respuesta a una necesidad real. Además, se destacan como elementos básicos del ApS en la docencia universitaria: (i) la colaboración con entidades a las que ofrecer servicios por parte de los estudiantes y con las que establecer convenios de colaboración; (ii) un proyecto que especifique los aprendizajes a lograr; (iii) la planificación (organización de tareas, temporalización y trabajo en equipo); (iv) el compromiso social entre el profesorado implicado, los estudiantes y los receptores de las actuaciones, y (v) reflexión y evaluación.

Por otra parte, Madrid es la capital de una nación que ha participado en el desarrollo científico de los últimos siglos. Al no ser suficientemente conocido por la ciudadanía, se hace necesario implementar servicios para difundir los logros al respecto.

Con este contexto, entre 2022 y 2024 se llevaron a cabo dos proyectos educativos, cuyos nombres se incluyen en los agradecimientos, con los que se ha pretendido aprovechar la metodología ApS para desarrollar dos rutas científicas divulgativas. En ellas, alumnos voluntarios de la UPM, aparte de colaborar en su diseño, con la guía de un grupo de profesores, ilustran al público en general sobre hechos, edificios y eventos históricos significativos para el avance científico y tecnológico. Así, mientras prestan un servicio a la comunidad, aprenden conceptos de ciencia, tecnología, arte e historia. En el primer proyecto se diseñaron las rutas: “La Ilustración española y el descubrimiento de tres elementos químicos” (ruta 1) y “Los ‘altos del hipódromo’: una zona emblemática de la ‘Edad de Plata’ de la cultura española” (ruta 2). El otro proyecto pretendía profundizar en estos paseos, favorecer su difusión y enfocarlos a públicos de perfiles específicos.

OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD DESARROLLADA

Las necesidades educativas y culturales que se apreciaron para plantear los proyectos educativos citados fueron:

- Proporcionar una formación más holística para el alumnado universitario, con nuevas herramientas didácticas para relacionar ciencia y tecnología con aspectos de arte, historia, urbanismo y arquitectura. La enseñanza convencional, con una visión compartimentada de materias, debe completarse con perspectivas más amplias y contextualizadas.
- Desarrollar ciertas competencias, como búsqueda de datos, trabajo en equipo, exposición oral, creatividad, etc., en alumnado universitario de Grado, Máster y Doctorado, y en investigadores postdoctorales.
- Incrementar el conocimiento de las actividades y del patrimonio arquitectónico de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Facilitar nuevos canales de divulgación de actividades y de difusión de información para el Ayuntamiento de Madrid, como son paseos con contenidos del patrimonio científico de la ciudad, no tan conocido como el histórico y artístico.
- Favorecer el conocimiento de temas de ciencia, arte e historia –combinando entretenimiento y formación–, para públicos diversos: alumnos y profesores de todas las etapas educativas, ciudadanos con interés por la cultura, visitantes en Madrid por distintas causas (ocio, congresos, eventos, etc.).
- Mejorar el conocimiento del acervo que acompaña a una ciudad histórica como Madrid. La primera ruta forma parte del “Paisaje de la Luz” (Patrimonio Mundial de la UNESCO), que complementa con una perspectiva poco conocida: la implicación de España en el descubrimiento de elementos químicos. La segunda destaca logros y personajes de la “Edad de Plata” de la cultura española (finales del siglo XIX y principio del XX).

Para abordar estas necesidades, se plantearon los siguientes objetivos principales:

1. Fomentar el conocimiento de relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (C-T-S). Por ejemplo, la mayor parte de los alumnos involucrados como guías en las rutas desconocía inicialmente unos contenidos que, al cabo de un tiempo, explicaban a otras personas.
2. Desarrollar e indagar sobre temas específicos de historia de la ciencia y de la técnica.
3. Profundizar en el conocimiento de la gesta de cuatro españoles (Antonio de Ulloa, hermanos Elhuyar –Juan José y Fausto– y Andrés Manuel del Río) que descubrieron tres elementos químicos (platino, wolframio y vanadio, respectivamente), así como de científicos, ingenieros y arquitectos de las épocas implicadas.
4. Reflejar las huellas de estos científicos e ingenieros en Madrid, intensificando esa labor en la figura de del Río, único madrileño que ha descubierto un elemento químico.
5. Resaltar el fundamento e importancia de la tabla periódica, como hito de la ciencia. Sin ser conscientes de ello, algunos de los personajes citados contribuyeron a su génesis.
6. Divulgar la riqueza de las relaciones históricas y culturales, en España y en la América Española, abordando contextos que abarcan los siglos XVIII, XIX y principio del XX.
7. Abordar temas concretos de geodesia y otras áreas de ciencia y tecnología.
8. Colaborar en la proyección de Madrid como destino turístico de interés científico.
9. Involucrar a alumnado universitario en la consecución de estos objetivos.
10. Colaborar en la adquisición, en los alumnos, de competencias personales y sociales, como (aparte de las ya citadas): empatía, facilidad para hablar en público y explicar temas científicos, a personas expertas o no, y la satisfacción del trabajo bien hecho.

Estos objetivos generales se han ampliado para grupos con características especiales. Así, se han desarrollado programas de rutas (bien como guías, bien como receptores de la información y participantes) para colectivos concretos de alumnos y profesores de varios ámbitos (química, física, arquitectura y urbanismo, y didáctica de las ciencias) y entornos (diversas etapas educativas, público en general, colegios de entornos rurales, universitarios de Florida...). Por otra parte, ha sido de especial interés en el desarrollo de los proyectos ApS la alineación con Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) concretos:

- ODS 4, *Educación de Calidad* (garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos). Especialmente con las metas 4.4 (“... aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias...”), 4.7 (“... valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible...”) y 4.c (“...aumentar considerablemente la oferta de docentes cualificados...”).
- ODS 11, *Ciudades y Comunidades Sostenibles* (lograr que las ciudades sean inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles), esencialmente con la meta 11.4 (“...redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo...”).

METODOLOGÍA

Para desarrollar los proyectos, se contó inicialmente con una decena de profesores y cinco alumnos (de Máster, Doctorado y Postdoctorado de ingenierías). Cabe destacar su interdisciplinaridad, con expertos en química, tecnología de materiales, historia de la ciencia, didáctica, diseño e inglés. Se pone también en valor su multiculturalidad: además de españoles, hay participantes de Argentina, Venezuela, Chile, Italia e Irán. Se incorporaron al equipo, posteriormente, más alumnos (tres del Máster de Formación del Profesorado que, a su vez, realizaron su trabajo final de Máster sobre temáticas del proyecto, y seis de Grado). La relación de los colectivos implicados (alumnos, docentes e investigadores) fue fluida, y sirvió para estrechar lazos de colaboración. Se contó con la colaboración de la Oficina de Aprendizaje-Servicio de la UPM, la Oficina de Proyectos del Ayuntamiento de Madrid y las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química. En relación a los contenidos, se indagaron y desarrollaron multitud de conceptos:

- Relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (C-T-S), para lo que se visitaron museos y otros centros, y se consultaron libros, artículos, archivos, páginas web, etc.

- Temas específicos de historia de la ciencia y la técnica, como el descubrimiento de los tres elementos químicos ya citados, en el contexto de la Ilustración Española (siglo XVIII) en el ámbito de la ruta 1; y la física, la química, la arquitectura y la ingeniería entre finales del siglo XIX y primer tercio del siglo XX en España, en la ruta 2. En el desarrollo de la primera ruta se encontraron datos muy interesantes sobre la *Misión Geodésica*, expedición científica emblemática del siglo XVIII. Otro aspecto que se ha indagado, a raíz de la búsqueda de información sobre el *Palacio de la Industria y de las Artes*, es el nacimiento y desarrollo de los estudios de ingenierías en España, por poner otro ejemplo.
- Fundamento e importancia de la tabla periódica, un tópico científico muy popular entre la ciudadanía, pero poco conocido. Aprovechando la ruta 1, en la que se resaltan los tres elementos descubiertos por españoles, se ha investigado sobre la génesis y significado de la tabla periódica, un paradigma del saber humano, y temas relacionados, como lo que significa e implica descubrir un elemento químico.
- Sociedad y cultura en la *Europa de Entreguerras*. La singularidad de la sociedad y evolución de la ciencia durante los años veinte y treinta del pasado siglo fueron temas recurrentes, así como otros aspectos de la época.
- Jardines y edificios involucrados en los paseos (arquitectos implicados, estilos arquitectónicos, remodelaciones, urbanismo...).

En cuanto a competencias personales y sociales, para los alumnos involucrados en la actividad de ApS, se intentaron favorecer aspectos como:

- (a) Fomento de la empatía considerando, por ejemplo, el público al que van destinados los paseos, no siempre experto en los temas abordados.
- (b) Mejora de la facilidad para hablar en público.
- (c) Desarrollo de explicaciones de temas científicos y técnicos para personas de formación heterogénea.
- (d) Promoción y puesta en valor de la vocación de servicio.

Para todo esto, las metodologías didácticas y actividades de aprendizaje que se llevaron a la práctica para desarrollar los proyectos fueron:

- Aprender haciendo. Las actividades se desarrollaron con carácter práctico (estudio, realización de carteles y presentaciones, reuniones, diseño y desarrollo de visitas...), que sirvieron para “aprender” y superar problemáticas mientras se realizaban.
- Aprendizaje Basado en Retos. El principal reto de partida fue desarrollar dos rutas divulgativas (temática, control de tiempos, diseño...) pero, a medida que se desarrollaba el proyecto, aparecían otros nuevos, como amoldar los paseos a públicos específicos.
- Aprendizaje Basado en la Investigación. Los estudiantes que se implicaron construyeron su propio conocimiento a través de un proceso activo de indagación e interacción con otros estudiantes, investigadores, profesores y público participante.
- Aprendizaje cooperativo. La base de los proyectos fue el trabajo cooperativo entre alumnos y profesores. Una muestra de la riqueza al respecto es que se interaccionó con alumnos de otros países que aún no conocían suficientemente el español, organizándose visitas específicas en las que aprendían sobre el entorno de su centro de estudio (la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la UPM) y aspectos culturales de España, guiados por alumnos veteranos que, a su vez, perfeccionaban el uso del inglés.

RESULTADOS

El resultado más evidente ha sido el diseño y puesta en práctica de las dos rutas divulgativas. En su implementación, están sujetas a cambios según la naturaleza del público y disponibilidades horarias (el tiempo estándar de cada ruta es de unas dos horas). Se intenta que sean paseos dinámicos, lo más distendidos posible, manteniendo el rigor. Para favorecer su carácter didáctico, se ha preparado un conjunto de imágenes, para mostrar en público, bien en *tabletas*, bien impresas en una carpeta. En algún caso, las rutas no se realizan físicamente, sino que se explican en conferencias (congresos, Semana de la Ciencia, eventos...), algo también motivador, como se aprecia en la práctica. La descripción detallada de las rutas se ha publicado en otros medios [10,11] y será objeto de futuras publicaciones, por lo que aquí se describen solo de forma somera.

Ruta 1: La Ilustración Española y el descubrimiento de tres elementos químicos

España ocupó un papel destacado en las investigaciones implicadas en el descubrimiento de los elementos químicos metálicos, como ya se ha señalado [12,13]. Fue el resultado de un esfuerzo colectivo y una de las consecuencias del impulso de regeneración llevado a cabo durante el siglo XVIII, en el contexto de la Ilustración Española y las Reformas Borbónicas [14]. La Ilustración fue un movimiento filosófico y cultural que acentuó el predominio de la razón y supuso una globalización cultural [15]. Entre otras características de su desarrollo en España, cabe citar: un interés general por introducir reformas en obras públicas, administración, comunicaciones, enseñanza, agricultura, industria (incluyendo mejoras económicas y técnicas en sectores como la minería y la metalurgia en la América Española), y enseñanza; formación de gobiernos con personas bien formadas; la generación de iniciativas para impulsar la formación científico-técnica de los ejércitos; un esfuerzo por desarrollar una “ciencia propia”, que permitiera la aplicación de una tecnología para un mejor aprovechamiento de los recursos; creación de instituciones científicas y educativas; y la financiación de expediciones científicas. Para estos planes reformistas, se fomentó el intercambio científico con el exterior; especialmente con países centroeuropeos, con acciones como: financiación de “pensionados” para que jóvenes con talento ampliaran estudios en centros educativos europeos; organización de programas de “comisiones de observadores” (hoy en día se podrían asimilar al espionaje industrial); y contratación de profesionales extranjeros para la enseñanza e investigación. De este modo, se considera que España se incorporó de forma efectiva a la Revolución Científica de la época.

La ruta se resume en la **Tabla 1**. Se inicia en el sur del Parque de El Retiro, continuando hacia la plaza de Atocha (donde hay una estatua de Antonio de Ulloa, en la fachada del Ministerio de Agricultura), y avanza hasta la casa natal de Andrés del Río, en el barrio de Lavapiés. Se pasa por el Jardín Botánico [16] y las calles donde estuvo la Casa de la Platina y un edificio en el que trabajó Fausto Elhuyar. Se abordan temas como: ¿qué es un elemento químico y cómo se asigna su descubrimiento?, importancia de los metales, expediciones científicas, aventuras de navegación [17], desarrollo de la ciencia en el siglo XVIII [18], e importancia de la minería en la América Española [19], entre otros. Se busca motivar a los participantes a que encuentren más información y visiten detalladamente, en otro momento, lugares por los que solo se pasa o se indican.

Tabla 1. Etapas y características principales del paseo divulgativo “La Ilustración Española y el descubrimiento de tres elementos químicos”.

Etapa	VISITA	Temática
1. Zona sur del Parque de El Retiro.	<ul style="list-style-type: none"> - Restos de la Real Fábrica de Porcelana (conocida como “La China”). - Observatorio Astronómico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ilustración Española y Reformas Borbónicas. - Elementos químicos y tabla periódica. - Los siete “metales de la antigüedad”, relaciones entre alquimia y química, y nomenclatura científica. - El Paisaje de la Luz de Madrid (Patrimonio Mundial de la UNESCO).
2. Palacio de Fomento (sede del Ministerio de Agricultura).	<ul style="list-style-type: none"> - Fachada del edificio - Estatua de Antonio de Ulloa por José Alcoverro. 	<ul style="list-style-type: none"> - Información del edificio, relacionado por sus orígenes con el segundo paseo. - A. de Ulloa: Biografía y papel científico (marino, descubrimiento del platino, “anillos de Ulloa”...). - Referencia al cercano Museo Naval.
3. Real Jardín Botánico.	<ul style="list-style-type: none"> - Puerta del Paseo del Prado. - Museo del Prado. 	<ul style="list-style-type: none"> - El Jardín Botánico y expediciones científicas. - Información del edificio del Museo del Prado, proyectado para Gabinete de Historia Natural.
4. Palacio de las Cortes.	<ul style="list-style-type: none"> - Esquinas de las calle del Marqués de Cubas (antes Jardines y luego del Turco), y de Fernánflor (antes Florín), con el Paseo de los Jerónimos. 	<ul style="list-style-type: none"> - La Casa de la Platina (ubicada, en tiempos, en la actual calle del Marqués de Cubas), dirigida por Chavaneau y Proust, e importancia del platino. - Hermanos Elhuyar: biografía y labor en América. - Descubrimiento del wolframio en Vergara. - Fausto Elhuyar en la Dirección General y la Escuela de Ingenieros de Minas (calle del Florín).
5. Lugar donde estuvo la casa natal de Andrés del Río.	<ul style="list-style-type: none"> - Iglesia de San Sebastián, donde se bautizó del Río. - Casa natal en la calle Ave María. 	<ul style="list-style-type: none"> - Biografía de Andrés del Río destacando su actividad desarrollada en México. - Descubrimiento del vanadio (eritronio para del Río). - Referencia al Instituto de San Isidro, donde estudió y hay un museo de material docente histórico.

Etapa	VISITA	Temática
Común a todas las etapas.	A lo largo de la ruta.	- Arquitectos implicados: Ventura Rodríguez, Francesco Sabatini, Juan A. de Villanueva... - Otros temas: cuadros de Goya, historia, etc.

Ruta 2. Los ‘altos del hipódromo’: Una zona emblemática de la ‘Edad de Plata’ de la cultura española

Por analogía con el “Siglo de Oro”, que tuvo lugar entre el inicio del siglo XVI y finales del siglo XVII, y que supuso el apogeo de la cultura española, se habla de una “Edad de Plata” de la cultura española, para el periodo comprendido entre 1875 (inicio de la Restauración borbónica) o 1898 (conocido como “el desastre del 98”) y 1936 (inicio de la Guerra Civil) [20]. Fue otro periodo de modernización que abarcó múltiples facetas en: literatura, música, cine, arquitectura, deporte, radio, prensa, ciencia y tecnología. Además, se produjo el surgimiento de nuevos conceptos para la mujer, sirviendo como muestra la creación de la Residencia de Señoritas y el *Lyceum Club Femenino*. Entre otras iniciativas del periodo, destacan la fundación de la Institución Libre de Enseñanza, ILE (1876) —que permanecería vigente hasta 1939—, del Palacio de las Artes y la Industria (1887), la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, JAE (1907) [21] —en el marco de la ILE— y la Residencia de Estudiantes (1910) [22]. La época, y lo que supuso para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, se muestra durante el desarrollo de una ruta que transcurre en zonas aledañas a un hipódromo —inaugurado en 1887, y que permanecería hasta 1933—, en el espacio ocupado actualmente por el complejo arquitectónico conocido como Nuevos Ministerios y parte del Paseo de la Castellana. Aparte de su uso convencional en equitación y el consiguiente foco de encuentro de la nobleza y la burguesía, fue utilizado para exhibiciones aéreas y la práctica de un deporte que empezaba a ser popular: el fútbol. En la **Tabla 2** se recogen las etapas de la ruta 2, y se resumen algunos de los temas que se exponen.

Tabla 2. Etapas y características principales del paseo divulgativo “Los ‘altos del hipódromo’: una zona emblemática de la Edad de Plata de la cultura española”.

Etapa	VISITA	Temática
1. Escuela de Ingenieros de Minas.	- Escuela de Ing. de Minas. - Instituto Geológico.	- Introducción al siglo XIX en España y a la Edad de Plata. - Información (se incluyen interiores en la visita) de los edificios. - Historia de las entidades implicadas.
2. Antiguo “Colegio de Sordomudos”, actual CESEDEN.	- Fachada del edificio. - Panorámica del Palacio de la Industria.	- Información del edificio. - Historia y usos del “Hipódromo de la Castellana”. - Institución Libre de Enseñanza. Junta de Ampliación de Estudios. - Antiguos Colegio de Sordomudos y Ciegos, Museo Pedagógico Nacional y Misiones Pedagógicas.
3. Palacio de la Industria y de las Artes (incluye visita al interior).	- Recorrido por toda la fachada. - Escuela de Ingenieros Industriales.	- Historia, características y transformación del edificio. - Usos: exposiciones nacionales de Bellas Artes, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Escuela de Ingenieros Industriales, Laboratorios de Mecánica Aplicada (Torres Quevedo), Laboratorio de Investigaciones Físicas (Blas Cabrera) y otros. - Historia del Museo de Ciencias Naturales. - Estudios de ingeniería y UPM.
4. Residencia de Estudiantes.	- Edificios de la Residencia. - Visita de una habitación histórica tipo.	- Historia de los edificios. - Funciones de la Residencia de Estudiantes, como diálogo permanente entre ciencias y artes. - Residentes emblemáticos: García Lorca, Buñuel, Dalí Buñuel, Severo Ochoa... - Conferenciantes y visitantes: Einstein, M. Curie, Paul Valéry, Stravinsky, Keynes, Le Corbusier, Unamuno, Juan Ramón Jiménez, Alberti, Ortega y Gasset...

Etapa	VISITA	Temática
5. Edificios del CSIC.	<ul style="list-style-type: none"> - Instituto de Química Física y su Laboratorio Histórico. - Campus del CSIC. 	<ul style="list-style-type: none"> - Historia del “Edificio Rockefeller”, sede del actual Instituto de Química Física Blas Cabrera. - Personajes emblemáticos de física y química: Blas Cabrera, Miguel Antonio Catalán, Enrique Moles. - Ciencia en España en el primer tercio del siglo XX. - Incorporación de la mujer a la investigación científica.
Común a todas las etapas.	A lo largo de la ruta.	<ul style="list-style-type: none"> - Arquitectos implicados: R. Velázquez, F. J. de Luque, F. de la Torriente, E. Boix, A. Flórez, M. Sánchez Arcas, L. Lacasa... - La obra de Joaquín Sorolla como pintor de personajes emblemáticos de la época.

VALORACIONES DE LAS ACTIVIDADES POR LOS AGENTES IMPLICADOS

Hasta la fecha (julio de 2024), han participado en las actividades, aparte de los profesores y alumnos directamente implicados en los proyectos (un par de decenas), una docena de alumnos más que ejercieron de “guías” y unas 400 personas que se involucraron en las rutas —bien en forma física como paseo, bien como asistentes a conferencias—. Para conocer el grado de satisfacción, se preparó un cuestionario en línea para responder tras terminar la actividad. Aparte de comentarios de felicitación por la actividad, se incluyeron recomendaciones puntuales de mejora, pero destaca el hecho (véase la figura 1) de que bastante más de tres cuartos de los participantes en el cuestionario (78 respuestas) indican que han aprendido mucho o bastante de arte, historia, ciencia y tecnología, que han mejorado en competencias, y que valoran la actividad como excelente o muy buena.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

La experiencia ha sido enriquecedora y muy bien apreciada por los colectivos implicados (profesores y alumnos participantes en su desarrollo, público participante en las actividades, representantes de las entidades colaboradoras, etc.), como se ha manifestado en reuniones, en encuentros y en las encuestas de satisfacción comentadas anteriormente.

Las dos rutas se han podido desarrollar de forma adecuada, en modalidad presencial y también de forma “virtual” (a través de conferencias en distintos foros). La aceptación por parte del público participante ha sido muy positiva, de forma que muchas personas han dejado sus datos para que se les anuncien actividades análogas. Los alumnos directamente implicados, según han valorado, han adquirido competencias específicas y genéricas, considerándose que es un buen ejemplo de ApS. Los profesores involucrados también han aprendido muchos conceptos y han visto recompensada su labor, por la apreciación de los temas, tanto por parte de los alumnos como del público participante. Otro ejemplo del éxito del proyecto fue la concesión del primer premio a los mejores proyectos de Aprendizaje-Servicio realizados en la UPM en 2023.

Con la consecución del proyecto, las rutas quedaron establecidas y se realizan bajo demanda. Por ejemplo, se han realizado visitas y conferencias sobre ellas, durante la celebración de la Semana de la Ciencia de la Comunidad de Madrid para público en general, para alumnos de EEUU en viaje de estudios, y para asistentes a la *18th International Conference on Industrial Engineering*, por poner algunos ejemplos.

La actividad, al menos en alguna de sus partes, se ha introducido en varias asignaturas de la UPM, como son Química I impartida en el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales y en el Grado en Ingeniería Química, *Recursos para la Didáctica de las Ciencias* del Máster en Formación del Profesorado, y *Comunicación y Divulgación de la Ciencia y de la Tecnología* de los Másteres de Ingeniería Industrial y Química. Además, ha sido el tema central de tres trabajos de fin de Máster, como ya se ha señalado.

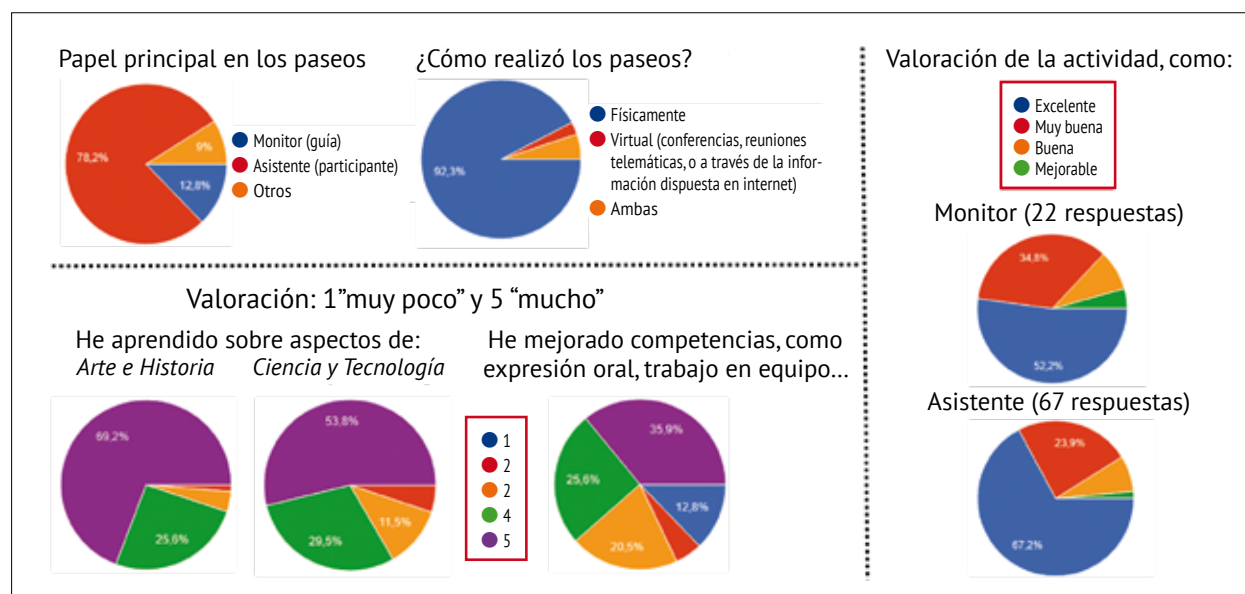


Figura 1. Algunos resultados de los cuestionarios de satisfacción de los participantes con la actividad (sobre 79 respuestas recibidas).

La idea, en cuanto a perspectivas de futuro, es completar detalles, enfocándolo a distintos perfiles. Por ejemplo, se han iniciado ya, y se pretende mejorar; unas iniciativas de teatralización con alguna vestimenta de época, en ambos casos. Aunque ya se han hecho visitas en inglés, se plantea realizarlas de forma más metódica. También se pretende desarrollar las visitas en plataformas web para que sean más conocidas. Además, otra idea de futuro es integrarlo como actividades de la UPM y del Ayuntamiento de Madrid. En esencia, se considera que se han cumplido adecuadamente los objetivos marcados (y recogidos al inicio de este texto), y con buenas perspectivas de futuro.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la ayuda prestada por la Universidad Politécnica de Madrid, a través de los proyectos “Madrid a Ciencia Cierta: Diseño e implementación de rutas guiadas con temática STEAM” y “Madrid con Ciencia: Paseos para descubrir nuestro pasado científico”, en las convocatorias de «Proyectos de Aprendizaje-Servicio» de 2022 y 2023, respectivamente, así como por la concesión del premio al mejor proyecto de ApS de 2023. También se agradecen las colaboraciones de la Oficina de Proyectos (Ayuntamiento de Madrid), y del Grupo Especializado en Didáctica e Historia (GEDH), común a las Reales Sociedades Españolas de Física (RSEF) y de Química (RSEQ).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] PROLONGO M., PINTO, 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.
- [2] PINTO, G. (2022), Educación STEAM: Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades, *An. Asoc. Quím. Argent.*, 109 (número extra), 114-121.
- [3] MEDINA ROMERO, J. (Coord.) (2021), *Aprendizaje-servicio (ApS): una Mirada Social del Aprendizaje*, Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo. <https://short.upm.es/fyvtm>
- [4] LEY ORGÁNICA 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modificó la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. BOE núm. 340, de 30/12/2020.

- [5] LEY ORGÁNICA 2/2023, de 22 de marzo, del Sistema Universitario. BOE núm. 70, de 23/03/2023.
- [6] RODRÍGUEZ GALLEGU, M. R. (2014). El Aprendizaje-Servicio como estrategia metodológica en la Universidad, *Rev. Complutense Educ.*, 25(1), 95-113.
- [7] SALAM, M., ISKANDAR, D. N. A., IBRAHIM, D. H. A., FAROOQ, M. S. (2019) Service learning in higher education: A systematic literature review, *Asia Pacific Ed. Rev.*, 20, 573-593.
- [8] OFICINA DE APRENDIZAJE-SERVICIO, Universidad Politécnica de Madrid (2022). <https://aprendizajeservicio.upm.es/>
- [9] SERVICIO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA, Universidad Politécnica de Madrid (2020), Guías para el PDI. <https://innovacioneducativa.upm.es/guias-pdi>.
- [10] PINTO, G.Y COL. (2023). Diseño e implementación de rutas divulgativas STEAM en Madrid: Un proyecto de Aprendizaje-Servicio (No. COMPON-2023-CINAIC-0009). Servicio de Publicaciones, Universidad de Zaragoza.
- [11] PINTO, G., ALCÁZAR, V., MARTÍN CONDE, M., AGÜERO, A., ARRIETA, M. P., BELTRÁN, F. R., GARCÍA MUÑOZ, P., SEPÚLVEDA, J. A. "Madrid a Ciencia Cierta": diseño e implementación de rutas guiadas con temática STEAM, en *Experiencias de Aprendizaje-Servicio en la UPM*, Universidad Politécnica de Madrid.
- [12] 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.
- [13] PINTO, G. (2023). Elementos químicos descubiertos por españoles: Fuente de inspiración y de recursos para una docencia interdisciplinar. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., HERRÁEZ SÁNCHEZ, Á. (eds.) *Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (III)*, Madrid, Grupo SM, pp. 155-163.
- [14] KUETHE, A. J., ANDRIEN, K. J. (2014). *The Spanish Atlantic world in the eighteenth century: War and the Bourbon Reforms*. Cambridge University Press.
- [15] OUTRAM, D. (2019). *The enlightenment*, Cambridge University Press.
- [16] AÑÓN, C. (1987). *Real Jardín Botánico de Madrid: sus orígenes*. CSIC Press.
- [17] PINTO, G. (2017). Antonio de Ulloa and the discovery of platinum, *Journal of Chemical Education*, 94(7), 970-975.
- [18] RODRÍGUEZ, A. (2023). *Expediciones científicas españolas del siglo XVIII*, Edaf.
- [19] CAPITÁN VALLVEY, L. F. (1999). The transport of platina to Spain in the late eighteenth century, *Platinum Metals Review*, 43(1), 31-40.
- [20] IBÁÑEZ, E. C. (2010). *La Edad de Plata española*. In Zenobia Camprubí y la Edad de Plata de la cultura Española, Universidad Internacional de Andalucía, pp. 11-42.
- [21] BERRIO, J. R. (2000). La Junta de Ampliación de Estudios, una agencia de modernización pedagógica en España, *Rev. Educ.*, nº extraordinario, 229-48.
- [22] TOVAR, I. P. V. (1990). *La Residencia de Estudiantes: grupos universitario y de señoritas*, Madrid, 1910-1936. Ministerio de Educación.

‘CIENCIA EN LA ESCUELA’, INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN EL AULA

Marta Ramos¹, Iván Narváez^{1,2}, Rosa Alvarado¹, Candela Fernández-Silgado¹, Carmela Calés³

¹ Unidad de Cultura Científica de la Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, Madrid (España). cultura.cientifica@uam.es

² Grupo de Biología Evolutiva, Departamento de Física Matemática y de Fluidos, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Las Rozas de Madrid (España).

³ Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid (España).

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

‘Ciencia en la Escuela’ es una iniciativa de la Unidad de Cultura Científica de la Universidad Autónoma de Madrid dirigida a fomentar la aplicación del método científico, dotando al profesorado de Educación Primaria de herramientas que permitan incorporar ciencia activa en el aula. La actividad difiere del modelo ciencia-demostración y de las clases prácticas, cuyos experimentos son diseñados para que sean exitosos. En este proyecto se buscó implementar el desarrollo de proyectos de investigación en clase con la finalidad de, tras plantear una hipótesis, llevar a cabo experimentos con observaciones y mediciones reales, interpretar los resultados obtenidos y llegar a conclusiones en respuesta a los mismos.

Abstract

‘Ciencia en la Escuela’ is an initiative of the Scientific Culture Unit at Universidad Autónoma de Madrid, which aims to promote research activities by providing primary school teachers with tools that allow them to incorporate active science into the classroom. The concept of the activity differs from the model of scientific demonstrations and practical classes, since, in these cases, the experiments are mostly designed to be successful. In contrast, the aim of this project was to carry out experiments in the classroom including generation of hypotheses, real observations and measurements, interpretation of results to reach conclusions in response to them.

INTRODUCCIÓN

Desde su fundación en 2007, la Unidad de Cultura Científica de la Universidad Autónoma de Madrid (UCCUAM) ha estado implicada en el desarrollo de actividades gratuitas como un servicio de recursos educativos de utilidad para los docentes de Educación Primaria (EP), Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato [1].

En 2015, la UCCUAM lanzó por primera vez el proyecto ‘Ciencia en la Escuela’, que se planteó con el objetivo de fomentar la aplicación del método científico y la ciencia activa en las aulas de EP. Se buscaba favorecer la adquisición de un pensamiento crítico y responsable entre las/los más jóvenes mediante la proposición y desarrollo de un procedimiento experimental adaptado que permitiera al profesorado mostrar de manera fehaciente al alumnado el método científico y de la investigación para abordar problemas o preguntas abiertas (sin conocer a priori la respuesta) que se les formulen o que se planteen por sí mismos.

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 mayoritariamente diseñados para que sean exitosos en todos los casos, y analizar, cuando no se alcanza el resultado, las posibles causas del fracaso. En el caso de “Ciencia en la Escuela” la finalidad fue impulsar que las/los escolares llevaran a cabo proyectos de investi-

gación 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.

En gran medida, una fuente de inspiración para pensar en plantear experimentos vivos en la escuela fue la noticia en varios medios de que, en el Reino Unido, una clase de escolares de ocho años había logrado publicar un trabajo original (y revisado por pares) en la revista *Biology Letters*, gracias a la implicación de un científico y su profesor [2].

Por ello, a lo largo de las diferentes ediciones, se ha contado con la participación de jóvenes investigadoras/es de la Universidad Autónoma de Madrid (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.

El presente trabajo propone un recorrido por las distintas ediciones del proyecto 'Ciencia en la Escuela', mostrando actividades en el entorno de la EP tomando como base el método científico para resolver diferentes cuestiones a partir de la recopilación y organización de la información obtenida experimentalmente.

METODOLOGÍA

La propuesta implicaba que cada centro se convirtiese en una Brigada de Investigación Científica Escolar (BICE) en la que docentes y estudiantes, de forma conjunta y a través de los diferentes aspectos del desempeño científico, como el trabajo en grupo o la minuciosidad y rigurosidad que conlleva, emprendiese una metodología encaminada a desarrollar un alumnado autónomo, implicado y motivado capaz de convertirse en protagonista de su propio proceso de aprendizaje.

Los proyectos llevados a cabo han abarcado diferentes temáticas que incluyen disciplinas tanto biosanitarias como medioambientales. Los niveles educativos incluidos 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, las/los investigadoras/es de la UAM visitaron los centros, ofrecieron conferencias y ayudaron en la interpretación de resultados.

A partir de tutorías formativas con el profesorado, se trabajó por un lado en la creación de una guía docente, y por otro, en un cuadernillo y diferente material asociado destinado al alumnado que recogía la estructura del proyecto, y que pretende esquematizar las fases de una investigación científica. De esta forma, esta documentación recoge el protocolo a seguir y las fichas necesarias para la toma de datos, discusión de estos y obtención de conclusiones.

En una primera fase, se sondearon las ideas previas del alumnado sobre la temática, con el fin de generar una base para el aprendizaje significativo, y que sirviera de motivación y compromiso hacia la actividad, abriendo el espacio de participación de las y los estudiantes. En el aula, se plantean preguntas en torno a su conocimiento acerca de diferentes conceptos fundamentales en el proyecto, estableciendo conflictos cognitivos para que el alumnado complementase sus ideas buscando la información con parte de los contenidos teóricos del proyecto y fomentando el uso de las TIC [3]. Las sesiones dedicadas a esta parte delimitaban el problema sobre el que se quería trabajar:

A continuación se le planteaba al estudiantado diferentes cuestiones relacionadas con la experimentación que se iba a llevar a cabo durante el proyecto. Para contestar dichas preguntas se utilizaba el método científico y la búsqueda bibliográfica, para encontrar información más concreta sobre los elementos implicados en la actividad. Así, se fomentaba que el alumnado pudiese plantear la hipótesis de lo que iba a suceder. Con frecuencia, se aplicaron metodologías de aprendizaje cooperativo, como la técnica puzle, mosaico o rompecabezas [4].

Figura 1. Mini-congreso final de presentación de los resultados de la investigación realizada dentro del proyecto "Efecto de la presencia de plástico en la producción y calidad del compost" durante el curso 2017-18 / UCCUAM.



Una vez establecida la hipótesis, se planificaba el experimento, estableciendo pautas de trabajo en equipo. Aunque los proyectos ya disponían de un diseño experimental cerrado, se consideró de utilidad hacer partícipe al estudiantado explicando de forma global lo que se iba a realizar y por qué. Así, se constituyó una secuencia de actuación y un cronograma, se recopilaron los materiales necesarios y se preparó toda la estructura del experimento. A medida que este avanzaba, los equipos iban llevando a cabo una toma de datos. Posteriormente, analizaban estos datos y los ponían en común para discutir acerca del conjunto global de resultados obtenidos por todos los grupos. La última fase era la extracción de conclusiones a partir del resultado de la experimentación.

Como cierre de cada proyecto, la UCCUAM organizó en varios días un pequeño congreso en el Campus de Cantoblanco, al que acudieron las/los estudiantes participantes para presentar el desarrollo y los resultados de la investigación realizada junto a sus profesoras/es en las aulas (**figura 1**). Finalmente, se complementó con la celebración de varios talleres científicos.

El germen de ‘Ciencia en la Escuela’

En 2013, en el marco de la convocatoria de ayudas para el fomento de la cultura científica, tecnológica y de la innovación de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) [5], se organiza el proyecto ‘Hacer ciencia en la escuela’ en colaboración con la asociación Planeta Ciencias. Se llevaron a cabo diferentes talleres bajo la denominación ‘Dirige un experimento’, enfocados a profesorado de EP y ESO con la intención de ayudarles a incorporar la actividad investigadora en las aulas a través de proyectos.

Desafortunadamente, debido a la introducción de la LOMCE [6] y, por tanto, al cambio de currículo, a la mayor parte del profesorado de EP participante en dichos talleres les resultó imposible introducir en su programa lectivo el desarrollo de los distintos proyectos de investigación propuestos. Sin embargo, algunas/os docentes trabajaron activamente y de forma muy entusiasta para ponerlo en práctica y derrocharon generosidad e ilusión por formar mentalidades científicas, curiosas y acreditadas.

Aprovechando su implicación, además de los talleres y de la propuesta del proyecto de investigación, se planteó la puesta en marcha de una tutorización del profesorado de EP por parte de jóvenes investigadores/as de la UAM. Por otro lado, la UCCUAM se comprometía a aportar material de laboratorio y a gestionar la asesoría de las/los investigadoras/es para que profesorado y alumnado desarrollasen sin contratiempos el proyecto de investigación en las aulas.

Así, la primera edición de lo que pasaría a llamarse ‘Ciencia en la Escuela’ se lanzó para llevarse a cabo durante el curso 2016-17.

Efecto de factores abióticos y bióticos sobre la coexistencia de dos especies y sus interacciones de competencia

La planificación, supervisión y revisión docente del proyecto de investigación a lo largo del curso 2016-17 corrió a cargo de Rocío Tarjuelo, investigadora del Departamento de Ecología de la Facultad de Ciencias de UAM. Por su parte, los BICE que aceptaron el reto fueron la clase de 3º de EP del CEIP Julián Besteiro (Parla, Madrid); las clases de 5º y 6º de EP del CEIP Virgen de la Encina (Hoyo de Manzanares, Madrid); y las clases de 4º y 5º de EP del CEIP Cañada Real (Collado Villalba, Madrid).

El elemento conductor del proyecto sería la nutrición en las plantas y cómo actúan sobre ellas ciertos elementos de la selección natural. Esto se estudiaría a través del efecto que producen los fertilizantes, como el abono líquido, el enraizante o la lombriz roja, sobre la coexistencia de dos especies y las interacciones que se producen entre ellas por competencia (**figura 2**). De esta forma, se pretendía abarcar qué elementos y procesos influyen en el crecimiento de las especies vegetales y como su interacción puede condicionar su distribución y abundancia.

Se consideró que este conocimiento es a su vez fundamental dentro de la educación ambiental. En primer lugar, como forma de entender las bases que dan origen a los distintos ecosistemas y las relaciones entre las especies presentes en ellos. En segundo lugar, como forma de entender las bases que organizan los sistemas agrarios y cuáles son los elementos sujetos a control que condicionan la productividad vegetal. Y por último, esbozar una idea acerca de cómo la presencia de contaminantes (deposición de nitrógeno o fosfatos, que en definitiva actúan como fertilizantes) puede alterar la dinámica y los equilibrios entre especies dentro de los ecosistemas.

Efecto de la presencia de plástico en la producción y calidad del compost

La planificación y supervisión docente del proyecto de investigación en el curso 2017-18 correspondió a Aitana Rodríguez de la UCCUAM y Rocío Tarjuelo, investigadora del Departamento de Ecología de la Facultad de Ciencias de la UAM. Los BICE que aceptaron el reto fueron la clase de 3º de EP del CEIP Julián Besteiro (Parla, Madrid), la clase de 6º de EP del CEIP Virgen de la Encina (Hoyo de Manzanares, Madrid), y las clases de 4º y 5º de EP del CEIP Cañada Real (Collado Villalba, Madrid).

En este caso, el elemento conductor del proyecto sería el proceso de reciclado de la materia a través de la fabricación de compost y si este podía verse afectado o no por la presencia de residuos plásticos. Así, se pretendía abarcar dos grandes temas transversales, como son la educación ambiental y la educación cívica.

La propuesta partía de la similitud que se establece entre el ciclo natural de la materia orgánica, fundamental para la vida en nuestro planeta, y el proceso de compostaje, que imita este ciclo y es una de las formas de reciclaje de los residuos orgánicos (restos de alimentación, agricultura, ganadería, restos de poda y jardinería, excrementos, etc.) que constituyen casi la mitad del total de los residuos generados por el ser humano. La otra



Figura 2. Trabajo en el aula con semilleros dentro del proyecto “Efecto de factores abióticos y bióticos sobre la coexistencia de dos especies y sus interacciones de competencia” durante el curso 2016-17 / UCCUAM.



Figura 3. Trabajo en el aula elaborando compost dentro del proyecto “Efecto de la presencia de plástico en la producción y calidad del compost” durante el curso 2017-18 / UCCUAM.

mitad de residuos son principalmente papel, vidrio y plástico, siendo este último el que actualmente genera mayores problemas medioambientales debido a las dificultades para su degradación, dado que es un producto diseñado por el ser humano de reciente aparición [7].

En este escenario, el proyecto proponía que durante unos cuatro meses el alumnado estudiase el efecto que tiene un material no biodegradable, como es el plástico, en la producción de compost y calidad del mismo, sirviendo como excusa para poder trabajar en el aula conceptos como la gran cantidad de residuos que generamos cada uno de nosotros, la clasificación de los residuos (biodegradables y no biodegradables), el tiempo de descomposición de cada uno, los problemas medioambientales que acarrearán, tipos de reciclaje, soluciones a la contaminación, etc. (figura 3).

Efecto de la luz en el crecimiento de las plantas

Para la edición del curso 2018-19, la planificación y supervisión docente del proyecto de investigación corrió a cargo de Marta Gómez Pozo y Marta Fernández Lara, investigadoras del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la UAM. Los BICE que aceptaron el reto fueron las clases de 4º y 6º de EP del CEIP Cañada Real (Collado Villalba, Madrid), la clase de 4º de EP del CEIP Clara Campoamor (Alpedrete, Madrid), la clase de 3º de EP del CEIP Julián Besteiro (Parla, Madrid), la clase de 5º de EP del CEIP San Gregorio (Galapagar, Madrid) y la clase de 6º de EP del CEIP Virgen de la Encina (Hoyo de Manzanares, Madrid).

El proceso de fotosíntesis fue elegido como elemento conductor del proyecto a través del estudio de cómo afecta la luz en el crecimiento de las plantas. De esta forma, se intentaron abarcar temáticas importantes como el concepto de planta, cómo son las células que la constituyen, aspectos de su ciclo vital, en especial la nutrición, y el importante papel que juega la fotosíntesis en la misma y, en general, en el planeta.

La luz es clave para las plantas, ya que juega un papel fundamental en la fotosíntesis, el proceso mediante el cual obtienen energía y materia orgánica. A través de la investigación realizada por el alumnado y las actividades complementarias propuestas, los participantes pudieron adquirir una visión completa y general de la importancia del proceso, no solo para los organismos vegetales sino también para el planeta, así como del potencial de las plantas para tratar problemas ambientales actuales como el calentamiento global.

En el experimento que se planteó, el alumnado debía seguir el crecimiento de plantas sometidas a tres tratamientos distintos de luz: plantas con luz natural, plantas en semioscuridad y plantas en oscuridad. Semanalmente se debía medir una serie de variables como la altura de la planta, el número de hojas, etc., para observar las diferencias entre tratamientos al final del experimento (figura 4).

Conociendo el cuerpo humano

La planificación y supervisión docente del proyecto de investigación durante el curso 2021-22 correspondió a Leticia Cuarental y M^a Ignacia Ceballos, investigadoras del Instituto de Investigación Sanitaria Fundación Jiménez Díaz y de la Facultad de Medicina de la UAM. Los BICE que aceptaron el reto fueron las clases de 4º, 5º y 6º de EP del CEIP Cañada Real (Collado Villalba, Madrid), las clases de 4º y 6º de EP del CEIP Clara Campoamor (Alpedrete, Madrid), las clases de 3º, 4º, 5º y 6º de EP del CEIP Julián Besteiro (Parla, Madrid), la clase de 1º de EP del CEIP Virgen de la Encina (Hoyo de Manzanares, Madrid), la clase de 1º de EP del CEIP San Sebastián (El Boalo, Madrid) y la clase de 5º de EP del CEIP Martín Chico (Segovia).

Para esta edición del proyecto se eligió como elemento conductor el proceso de diagnóstico de enfermedades. En este contexto, se planteó un estudio sobre la fisiología de los diferentes órganos del cuerpo humano, los cambios que ocurren cuando



Figura 4. Toma de datos en el aula con plantas sometidas a diferentes tratamientos lumínicos dentro del proyecto “Efecto de la luz en el crecimiento de las plantas” durante el curso 2018-19 / UCCUAM.

se da alguna enfermedad y las pruebas clínicas que se pueden llevar a cabo. Así, el proyecto intentaba abarcar temáticas como las funciones de órganos como el riñón, el intestino, el pulmón o el corazón a través de pruebas clínicas como análisis de orina y su pH, análisis de filtración de fármacos por el riñón, espirometrías, disecciones, nutrición y análisis de alimentos.

La propuesta promovía el uso del método científico para resolver una cuestión sanitaria. Cada CEIP se convertía en un “hospital” en el que se habían borrado las bases de datos de los pacientes y había que distinguir entre pacientes enfermos y sanos (**figura 5**). Para descubrirlo, el alumnado debía estudiar los órganos del cuerpo y realizar análisis clínicos para averiguar a quién correspondía cada historial. Toda la parte experimental se realizó con total seguridad y adaptada a las necesidades de cada centro, sin utilización de muestras reales de orina o sangre.

A lo largo del proyecto, se iba recopilando y organizando la información que se obtenía de las pruebas realizadas para, finalmente, sacar unas conclusiones y poder determinar qué paciente era el enfermo. Así, el estudiantado adquiría una visión completa y general de lo que es el cuerpo humano y las funciones de cada órgano, de una manera interactiva que ayuda a retener conocimientos [8]. Por otro lado, se incentivó el pensamiento crítico ya que no se trataba de un proyecto puramente observacional, sino que era necesario relacionar conceptos para poder sacar una conclusión precisa.



Figura 5. Decoración del CEIP Martín Chico (Segovia) durante la parte del proyecto “Conociendo el cuerpo humano” dedicada al riñón / Foto: Asunción Gallego.

CONCLUSIONES

A lo largo de sus cuatro ediciones, el proyecto ‘Ciencia en la Escuela’ ha acabado consolidándose como una de las actividades más ambiciosas dentro del programa de la UCCUAM. Totalmente gratuita para los centros participantes, 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, así como los talleres científicos llevados a cabo tras el minicongreso de exposición de resultados.

La participación ha ido en aumento desde que se inició la actividad, y de los tres centros educativos que participaron en la primera edición se ha pasado a seis centros, uno de ellos fuera de la Comunidad de Madrid, en la provincia de Segovia. En la última edición participaron más de quinientos escolares.

Además, como resultado del esfuerzo de las/los investigadoras/es implicadas/os y del profesorado participante, se ha elaborado diferente material con los elementos teóricos y prácticos del proyecto, así como cuadernillos adaptados que se entregaron al alumnado y que sirvieron de guía paso a paso durante el desarrollo del mismo, facilitando la autonomía y el trabajo en equipo.

Por otro lado, la UCCUAM se propuso extender esta experiencia al mayor número posible de profesores/as. Por ello, con la experiencia adquirida de las y los docentes participantes, se mejoraron los cuadernillos y se crearon guías docentes dirigidos a profesorado y alumnado, con los diferentes experimentos y sus protocolos detallados (procedimiento, materiales, costes, cronogramas, etc...) con la finalidad de que en las aulas se pueda llevar a cabo una investigación viva, con planteamiento de hipótesis, desarrollo de observaciones y mediciones reales, interpretación de resultados y elaboración de conclusiones en respuesta a las hipótesis planteadas. Todo este material está compartido en acceso abierto en la web de la UAM. Esta dimensión adicional en el proyecto de la UCCUAM, proporcionar guías y protocolos al mayor número posible de docentes, y por ende de escolares, para incorporar ciencia viva en aulas de primaria trasciende del modelo sin duda inspirador y pionero de Blackawton [2], ya que hasta el momento no parece haberse exportado a otros cursos u otros establecimientos.

Dado el buen resultado de la experiencia en las ediciones realizadas hasta el momento, uno de los retos de la UCCUAM es incorporar al proyecto centros de estudiantes con necesidades especiales o secciones pediátricas de centros de salud.

AGRADECIMIENTOS

Todo nuestro cariño y más sincera admiración y agradecimiento a todas/os las/los docentes que trabajaron activamente y de forma muy entusiasta para poner este proyecto en práctica y derrocharon generosidad e ilusión por formar mentalidades científicas, curiosas y acreditadas: Amaya, Antonio, Asun, Felipe, Fernando, Helena, Inma, José Manuel, Mar, María, María del Mar, Noemi, Santiago, Vanesa y Yolanda.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] RAMOS, M., NARVÁEZ, I., ALVARADO, R., FERNÁNDEZ SILGADO, C., PÉREZ MARTÍN, J.M., BAENA, J. (2023) Recursos didácticos para Educación Primaria y Secundaria desde la universidad: el ejemplo de la Unidad de Cultura Científica de la Universidad Autónoma de Madrid. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., HERRÁEZ SÁNCHEZ, A. (eds.) *Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (III)*. Madrid, CDL Madrid y Grupo SM, pp. 255-260.
- [2] 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., JEWSBURY, 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 Letters* 7(2), 168-172.
- [3] AREA MOREIRA, M. (2015) Tecnologías de la información y la comunicación en el sistema escolar: Una revisión de las líneas de investigación. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa* 11, 3-25.
- [4] MARTÍNEZ RAMÓN, J.P., GÓMEZ BARBA, F. (2020) La técnica puzzle de Aronson: descripción y desarrollo. En ARNAIZ, P., HURTADO, M.D., SOTO, F.J. (coords.) *25 Años de Integración Escolar en España: Tecnología e Inclusión en el ámbito educativo, laboral y comunitario*. Murcia, Consejería de Educación, Formación y Empleo.
- [5] BOE-B-2013-12817, de 4 de abril (2013) *Boletín Oficial del Estado* 81, p. 17050. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-B-2013-12817
- [6] Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (2013). *Boletín Oficial del Estado* 295. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12886>
- [7] NAYAK, A., BHUSHAN, B. (2019) An overview of the recent trends on the waste valorization techniques for food wastes. *Journal of Environmental Management* 233, 352-370.
- [8] GÓMEZ BARRETO, I.M., RUBIANO ALBORNOZ, E., GIL MADRONA, P. (coords.) (2020) *Manual para el desarrollo de la metodología activa y el pensamiento visible en el aula*. Madrid, Pirámide.

LOS RIESGOS NATURALES Y SU GESTIÓN: EXPERIENCIA EN UN AULA DE SECUNDARIA EN CANARIAS

Caterina Rodríguez de Vera¹ y Antonio Eff-Darwich Peña^{2,3}

¹ UIES Granadilla de Abona, 38600, Granadilla de Abona, S/C de Tenerife, (España).

² Facultad de Educación, Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de La Laguna, S/C de Tenerife (España).

³ Instituto Volcanológico de Canarias, 38320, La Laguna, S/C de Tenerife (España).

Palabras clave: riesgos naturales; educación secundaria; habilidades de gestión; currículo; ciencias de la tierra.

Keywords: natural hazards; secondary education; management skills; curricula; earth sciences.

Resumen

El tratamiento del actual contexto social y geo-climático, los riesgos que surgen y la búsqueda de soluciones a los mismos aparecen en el currículo LOMLOE de Canarias. Para abordar los riesgos naturales, se exige cierta alfabetización en las ciencias de la Tierra además de una visión multiparamétrica para minimizar los posibles daños producidos. Basado en esta idea se ha diseñado una situación de aprendizaje (SA) para 4º de ESO, centrada en la importancia de conocer y de gestionar estos riesgos. El diseño y la puesta en práctica de dicha SA, la opinión y la autoevaluación del alumnado se mostrarán en el presente trabajo.

Abstract

The treatment of the current social and geo-climatic context, the hazards related to it and the finding of solutions for it are aspects implemented in the LOMLOE curriculum of the Canary Islands. To address natural hazards some literacy in Earth Sciences is required, as well as a multiparametric approach to minimizing the damages they cause. Considering this idea, a learning situation has been designed for the 9th grade, focusing on the importance of knowing and managing such hazards. The design and implementation of this learning situation, as well as the students' opinions and self-assessment, will be presented in this work.

INTRODUCCIÓN

Las Islas Canarias son producto del vulcanismo de intraplaca que se da en la placa africana. Si bien no existe hoy en día una teoría clara y consensuada que explique su origen, la más aceptada es la teoría del modelo unificador, que plantea que el vulcanismo que se da en esta región es el resultado de la suma de esfuerzos tectónicos y un punto caliente [1]. En este escenario no es de extrañar, pues, que en las últimas décadas las islas más occidentales, El Hierro y La Palma, hayan sufrido dos erupciones volcánicas, la del Volcán Tagoro (2011) y la del Volcán Tajogaite (2021), respectivamente. Además, cada día se registran sismos de pequeña intensidad en distintos puntos del archipiélago, los cuales son monitorizados por el Instituto Volcanológico de Canarias o INVOLCAN [2].

Por otro lado, y también en las últimas décadas, Canarias ha sufrido otros eventos naturales catastróficos como la tormenta tropical Delta (2005), inundaciones por gotas frías y temporales costeros y la prevalencia anual de incendios de mayor o menor escala en todas las islas que poseen una considerable masa forestal. Todos estos eventos, que causan pérdidas y deterioros en bienes y servicios, así como a la población, se denominan “riesgos naturales” [3]. Habida cuenta de los cambios en las tendencias climáticas a nivel global y nuestro entorno volcánico, no es de extrañar que, en la última reforma del currículo de enseñanza de la Biología y Geología para Canarias, aparezca de manera explícita la necesidad de que el alumnado, partiendo del

contexto social y geo-climático, trate los riesgos naturales que afectan a su entorno y comprenda la necesidad de buscar soluciones a sus efectos.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, y dada la escasez de intervenciones didácticas planteadas en Canarias en educación para el riesgo [4], se ha diseñado y puesto en marcha la siguiente situación de aprendizaje.

CONTEXTO DE APLICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

Esta SA se aplicará en un centro educativo ubicado en una población rural del Sur de Tenerife (Tenerife, Islas Canarias). La población del entorno se dedica en gran parte al sector terciario, aunque también existe una gran cantidad de familias que se dedican al sector primario, siendo el nivel socioeconómico de las familias del alumnado medio-bajo y teniendo carencias en el conocimiento y la aplicación de educación ambiental. A pesar de esto, ante la ocurrencia de los riesgos naturales, reconocen permanecer atentos a las fuentes de información, aunque no siempre saben cómo actuar de manera correcta.

En el centro se dispone de los recursos necesarios para llevar a cabo la SA, ya que disponen de recursos TIC suficientes. Además, las sesiones se llevaron a cabo tanto en el aula de grupo como aprovechando el entorno natural en el que se ubica el centro.

En cuanto al grupo de estudiantes en el que se llevará a cabo la SA, se refiere que son dos grupos de 4º de ESO, con 29 y 7 discentes respectivamente. El reparto desigual de los grupos se debe a que, en este nivel, la materia de Biología y Geología es optativa y la organización de los grupos-clase se ha realizado atendiendo al reparto de las tres materias optativas que establece la legislación vigente para dicho nivel. En cuanto a los grupos (en los que predomina el componente femenino frente al masculino) encontramos que presentan intereses similares y rendimientos académicos muy homogéneos. En lo que a NEAE se refiere, solo se registra un alumno TEA que únicamente requiere atención para su regulación emocional en el aula. En general, la mayoría reconoce tener poco hábito de estudio y también reconocen que les cuesta establecer la relación entre aprendizajes realizados en distintas materias. En lo respectivo a la educación en ciencias de la Tierra, reconocen que tienen importantes carencias (la última vez que han tratado temáticas relacionadas con la geología ha sido en 1º de ESO), y en cuanto a la educación ambiental admiten que sus conocimientos se centran en la separación y el reciclaje de materiales, aunque sí que muestran cierta preocupación por la degradación del entorno y la pérdida de biodiversidad.

Por último, cabe señalar que, en la Programación Didáctica del nivel, esta SA se ubica tras otras SA centradas en los ciclos geodinámicos del planeta (interno y externo), pues se pretende que el alumnado adquiera un nivel competencial que le permita desenvolverse con éxito ante los riesgos naturales y su gestión.

JUSTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

El diseño de esta SA, centrada en el aprendizaje basado en tareas, pretende que el alumnado sepa reconocer los diferentes riesgos naturales que se pueden dar en su entorno, comprenda los posibles daños e impactos que pueden causar y proponga y emprenda acciones que puedan minimizar dichos impactos, empleando los conocimientos que vaya adquiriendo sobre geología y ciencias de la Tierra. Asimismo, se busca que el alumnado continúe mejorando la comprensión y el análisis de información científica extraída a partir de diferentes fuentes, empleando el razonamiento científico para enfrentarse a los problemas ambientales que se le puedan plantear. Para ello, se emplearán distintos recursos educativos, eminentemente interactivos, con el fin de que el alumnado cumpla estos objetivos y ponga en práctica, además, una visión holística y multiparamétrica de análisis de problemas.

La adquisición de hábitos de trabajo y conocimientos científicos, el fomento del pensamiento crítico e innovador del alumnado buscando la creación de una sociedad sostenible, el trabajo en ética ambiental y el uso como punto de partida de los conocimientos globales para actuar localmente son principios que se trabajarán durante esta SA y cuya necesidad aparece tanto en los documentos institucionales del centro donde se aplica (Proyecto Educativo y Programación General Anual) como dentro de los objetivos del eje temático de Educación Ambiental y Sostenibilidad de la Red Canarias InnovAS de la Consejería de Educación, Formación Profesional, Actividad física y Deportes del Gobierno de Canarias.

FUNDAMENTACIÓN CURRICULAR DE LA SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

El currículo de Biología y Geología LOMLOE de Canarias establece la existencia de 6 competencias específicas, con sus correspondientes criterios y saberes [5]. De igual manera, cada competencia específica a su vez está relacionada con los descriptores operativos de salida de las diferentes competencias clave. La concreción curricular de la SA propuesta aparece en la siguiente tabla:

Tabla 1. Concreción curricular.

Competencia específica	Criterios de evaluación	Descriptores operativos de salida (en relación con las competencias clave)	Saberes básicos
1. Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre ellos y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.	1.1. Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos interpretando información, con actitud crítica, en diferentes formatos con el fin de obtener conclusiones propias, formar opiniones fundamentadas y tomar decisiones coherentes para participar en diferentes contextos de manera activa e informada.	CCL1, CCL2, STEM4, CD2	Bloque I. Proyecto científico I.2. Empleo de estrategias para la búsqueda de información, la colaboración y la comunicación de procesos, resultados o ideas científicas: herramientas digitales y formatos de uso frecuente en ciencia (presentación gráfica, vídeo, póster, informe, etc.). Utilización de fuentes fidedignas de información científica para evitar los riesgos de manipulación y desinformación.
2. Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente, para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.	2.1. Localizar, seleccionar, contrastar, organizar y analizar críticamente la información de distintas fuentes, citándolas con respeto por la propiedad intelectual y compartiéndola mediante herramientas o plataformas digitales, para resolver preguntas, adoptando un punto de vista crítico y profundizar en aspectos biológicos y geológicos relacionados con el medio natural.	CCL3, CD1, CD2, CD3, CD4, CD5	
1. Analizar los efectos de determinadas acciones sobre el medio ambiente y la salud, basándose en los fundamentos de las ciencias biológicas y de la Tierra, para promover y adoptar hábitos que eviten o minimicen los impactos medioambientales negativos, sean compatibles con un desarrollo sostenible y permitan mantener y mejorar la salud individual y colectiva.	5.1. Identificar y analizar los posibles riesgos naturales potenciados por determinadas acciones humanas sobre una zona geográfica mundial y local, teniendo en cuenta sus características litológicas, relieve, vegetación y factores socioeconómicos, mediante la información recabada en salidas de campo y la contenida en fuentes y soportes variados, con el fin de tomar conciencia de su impacto medioambiental y emprender acciones fundamentadas científicamente que eviten o minimicen este impacto y fomenten la conservación del medioambiente, así como una relación sostenible con el mismo.	STEM2, STEM5, CD4, CPSAA1, CC4, CE1	Bloque II. Geología II.8. Reconocimiento de la ciencia como labor colectiva, interdisciplinar y en continua construcción, influida por el contexto político y los recursos económicos. II.4. Diferenciación entre los procesos geológicos externos e internos y relación de estos con los riesgos naturales, con especial atención a aquellos que afectan al archipiélago canario. Identificación de las principales medidas de prevención. Interpretación de mapas de riesgos naturales de Canarias.
6. Analizar los elementos de un paisaje concreto valorándolo como patrimonio natural y utilizando conocimientos sobre Geología y Ciencias de la Tierra para explicar su historia geológica, proponer acciones encaminadas a su protección e identificar posibles riesgos naturales.	6.2. Interpretar y analizar los elementos de un paisaje del entorno cercano valorándolo como patrimonio natural y utilizando conocimientos sobre Geología y Ciencias de la Tierra para identificar los posibles riesgos naturales, proponer medidas de predicción, prevención y corrección y reconocer el impacto que las acciones humanas tienen sobre el medioambiente, emprendiendo acciones para preservarlo.	STEM1, STEM2, STEM4, STEM5, CC4, CE1, CCEC1	

A la luz de lo indicado en la **tabla I**, el objetivo principal que se pretende alcanzar con la puesta en práctica de esta SA es que el alumnado de estos grupos sea capaz de vincular sus conocimientos sobre el funcionamiento del planeta (ciclos geodinámicos) con posibles eventos catastróficos que puedan ocurrir en su entorno y, a su vez, con las consecuencias negativas que pueden y cómo la información científica es percibida por la población. De este objetivo, además, se desprenden algunos objetivos secundarios como son: propuesta de posibles alternativas en materia de prevención de riesgos naturales, valoración de la labor científica en la detección y prevención de dichos riesgos, argumentación sobre la importancia de las medidas de mitigación y prevención, búsqueda fiable de información y argumentación y uso del vocabulario propio de la materia y el tópico a tratar.

FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA

La metodología empleada para el diseño y aplicación de la SA ha sido la del diseño universal del aprendizaje (DUA) [6], con el fin de garantizar la correcta atención a la diversidad del alumnado. Además, el diseño de las sesiones sigue el modelo instruccional propuesto por Merrill [7]. Por otro lado, se ha escogido aplicar el aprendizaje basado en tareas, a través del cual el alumno desarrolla los aprendizajes de una manera competencial a través de la consecución de productos.

A lo largo de las actividades propuestas se aplicarán distintos modelos de enseñanza entre los que se incluyen la investigación guiada, la enseñanza directiva y la simulación.

SECUENCIACIÓN DE LA SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

La duración total de la SA fue de 9 sesiones de 55 minutos de duración, cuyo desarrollo se detalla brevemente a lo largo de este apartado.

Actividad 1: ¿Eres arriesgado?

Esta actividad, realizada en una sesión, se diseñó con el fin de llevar a cabo la fase *activación* del diseño instruccional de Merrill. En este caso, el alumnado se dispuso en grupos heterogéneos de trabajo estables, recibió tarjetas de roles (técnico de emergencias, alcalde o alcaldesa del municipio, representante del Área de Medio Ambiente de la isla y presidente o presidenta de Canarias) y a continuación observaron imágenes de un volcán hidromagmático ubicado en la costa del municipio que se puede observar desde el aula. Partiendo de un supuesto en el cual se planteaba el anuncio por parte del INVOLCAN y el Gobierno de Canarias de la inminente entrada en erupción de un volcán en la costa de similares características y peligrosidad, los grupos tuvieron 10 minutos para ponerse de acuerdo en las medidas de actuación que debían tomar. Tras la puesta en común de las iniciativas respondieron en grupo grande a dos cuestiones: *¿Consideras que somos competentes para actuar en situaciones de catástrofes naturales?, ¿sabes lo que es un riesgo natural?* A continuación, se les pasó un cuestionario de autoevaluación relacionado con los saberes a tratar para que lo cumplimentaran y lo conservasen hasta el final de la SA y valorasen su aprendizaje. Por último, la profesora les mostró en qué consistía la SA, los productos que trabajarían y cómo se evaluarían, además de introducir el concepto de riesgo natural, la clasificación de estos y de dónde sale la ecuación del cálculo del riesgo. Toda la información dada en esta sesión, así como actividades de refuerzo y ampliación, se les suministró en este punto de la SA a través del aula virtual de la materia.

Actividad 2: Convivimos con el riesgo

La tarea en esta actividad consiste en que el alumnado realice, en grupos de trabajo, diferentes investigaciones sobre los riesgos que pueden afectar al archipiélago, y las plasme en presentaciones digitales, coincidiendo esta actividad con el principio de demostración. Para ello, se organizó al alumnado en sus grupos heterogéneos de trabajo y a cada grupo se le dio un recorte de noticia de periódico. Durante 4 sesiones, el alumnado debió investigar la veracidad de la noticia, las condiciones que habían propiciado la situación de riesgo, los daños causados y si a raíz de la emergencia vivida se había producido algún cambio en el entorno o la sociedad. Esta actividad se llevó a cabo en el Aula TIC y en una última sesión, llevada a cabo en el aula de clase, cada grupo expuso, apoyado por su presentación digital, los resultados de la investigación. En este momento, el resto del grupo clase coevaluó la calidad de la investigación de sus compañeros y compañeras con una lista de cotejo aportada por la docente.

Actividad 3: Interpretando el riesgo

En esta actividad, llevada a cabo también en el Aula TIC durante una sesión, al alumnado se le introdujo en el manejo del aplicativo *Visor Grafcan* del programa IDE Canarias [8], concretamente en las capas de *Riesgo Map*. Este es un recurso digital del Gobierno de Canarias que permite acceder a numerosos mapas de datos del archipiélago, centrándonos en esta ocasión en los mapas de riesgos y su interpretación. Así pues, en esta actividad de la fase de aplicación, la tarea consistió en que el alumnado respondiese a un cuestionario basado en el manejo, análisis y comunicación de conclusiones obtenidos a través del trabajo con los mapas de riesgo de Canarias.

Actividad 4: Gestores y gestoras de riesgos

Esta actividad se llevó a cabo una vez más en el Aula TIC durante una sesión, empleando la simulación como modelo educativo para concluir el diseño instruccional con la fase de integración. Con este objetivo, se le mostró al alumnado el funcionamiento del juego *Stop Disasters Game* [9], desarrollado por la Oficina para la Reducción del Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas, para el conocimiento y la gestión de riesgos naturales. A través de la interfaz, el alumnado debía gestionar de la mejor manera posible los recursos que el juego ofrece para cumplir los objetivos de gestión del territorio y las personas en cada escenario basado en un riesgo natural. Como producto final, se les pidió que realizasen una valoración escrita de su capacidad resolutoria en el juego y de las dificultades encontradas, además de vincularlo con un escenario real, tal y como había pasado en la Actividad 1.

Actividad 5: Valorando lo aprendido

En esta última actividad, a la que se le dedicó una sesión en el Aula de la Naturaleza del centro, se recuperó el cuestionario de autoevaluación para que cada discente, de manera individual, valorase su grado de aprendizaje durante la SA. Posteriormente se hizo una puesta en común sobre la idoneidad de las actividades y recursos propuestos para la consecución de los aprendizajes, así como de las dificultades encontradas y las propuestas de mejora en la práctica docente.

EVALUACIÓN, RESULTADOS Y PROPUESTAS DE MEJORA DE LA SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

El proceso evaluativo en esta SA se llevó a cabo atendiendo tanto al momento como al agente. En cuanto al momento, se realizó una evaluación inicial teniendo en cuenta su desempeño durante la Actividad 1 y empleando como herramienta el registro anecdótico. A través de los productos elaborados por el alumnado y su desempeño durante su elaboración, se pudo llevar a cabo la evaluación procesual. Para ello se emplearon como técnicas el análisis de productos y la observación sistemática y como herramientas se utilizaron rúbricas de productos, listas de cotejo y el registro anecdótico (figura 1). Por último, la evaluación final se llevará a cabo empleando las rúbricas de los criterios de evaluación seleccionados en la SA. En cuanto al agente, se plantea tanto la heteroevaluación (llevada a cabo en distintos momentos de la SA) como la coevaluación (en la Actividad 2) y la autoevaluación (fundamentalmente en las Actividades 1 y 5). A la hora de obtener la calificación, se tendrán en cuenta las calificaciones de los

Criterio a evaluar	Lo cumple	No lo cumple	Observaciones
1. Identificación de riesgos naturales El alumno identifica correctamente los riesgos naturales asociados a la zona geográfica estudiada. Reconoce ejemplos concretos de factores humanos que potencian dichos riesgos (p.e. urbanizar en márgenes de barrancos). Relaciona la gentrificación de la zona con el aumento o disminución de potencialidad de riesgo.			
2. Análisis del relieve y su relación con los riesgos Analiza cómo el relieve de la zona afecta a la aparición o intensificación de los riesgos naturales.			
3. Evaluación de la vegetación y su impacto Identifica el tipo de vegetación predominante en la zona (si la hay) y si esta actúa como protección o como potenciador de riesgos.			
4. Análisis de factores socioeconómicos Explica el papel de las actividades humanas (agricultura, urbanización, industria) en la generación de riesgos.			
5. Recopilación de información de diversas fuentes Analiza y compara datos obtenidos de diferentes fuentes para desarrollar un análisis fundamentado.			
6. Conocimiento de los impactos medioambientales Comprende el impacto ambiental de las acciones humanas en los riesgos naturales. Relaciona la degradación del medioambiente con los efectos en los ecosistemas locales y globales.			
7. Propuesta de acciones sostenibles Propone medidas fundamentales para mitigar o evitar los riesgos naturales potenciados por la acción humana. Indica reflexiones basadas en lo aprendido en clase que promuevan una relación sostenible con el medio ambiente. Reconoce la necesidad de implementar prácticas responsables a nivel local y global para la conservación del entorno.			

Ejemplo de evaluación	Excelente (10-9)	Buena (8-7)	Regular (6-5)	Insuficiente (4-3)	CR (relativa)
Claridad en la exposición de la información	Explica los conceptos científicos con un lenguaje preciso y claro, utilizando el lenguaje científico de manera adecuada, con algún error menor o leve imprecisión.	Explica los conceptos científicos de manera adecuada, con algún error menor o leve imprecisión.	Explica la información científica de manera adecuada, pero con algunos errores o imprecisiones de menor importancia.	Presenta una exposición con errores graves en la explicación y el uso de términos científicos.	1
Interpretación de datos científicos	Interpreta y explica datos y gráficos de manera precisa, proporcionando un análisis detallado y claro.	Interpreta correctamente los datos y gráficos, pero con un análisis poco profundo.	Interpreta algunos datos, pero con errores menores en la interpretación.	No interpreta los datos de manera adecuada o no los relaciona adecuadamente con la información presentada.	1
Ejemplificación de los efectos de las acciones humanas	Describe una alta capacidad para explicar los efectos de las acciones humanas en los riesgos naturales, con ejemplos claros y precisos.	Describe los efectos de las acciones humanas en los riesgos naturales, con algunos ejemplos claros y precisos.	Describe algunos efectos de las acciones humanas en los riesgos naturales, pero con algunos errores o imprecisiones.	No describe los efectos de las acciones humanas en los riesgos naturales, o lo hace de manera incorrecta.	3
Identificación de posibles riesgos	Identifica los posibles riesgos naturales que pueden afectar a la zona estudiada, con ejemplos claros y precisos.	Identifica los posibles riesgos naturales que pueden afectar a la zona estudiada, pero con algunos errores o imprecisiones.	Identifica algunos posibles riesgos naturales, pero con errores o imprecisiones.	No identifica los posibles riesgos naturales que pueden afectar a la zona estudiada.	4

Figura 1. Ejemplo de las herramientas de evaluación empleadas.

aprendizajes adquiridos por el alumnado en los distintos instrumentos de evaluación seleccionados para esta SA y de acuerdo con lo establecido en las rúbricas de criterios.

En cuanto a las calificaciones globales obtenidas tras la implementación de esta SA en el contexto indicado, se resumen en las **tablas 2 y 3**.

Tabla 2. Calificaciones de los instrumentos.

Instrumento	Trabajo de investigación	Presentación oral	Cuestionario sobre mapas	Caso práctico
Calificaciones	Media: 5	Media: 6	Media: 5,2	Media: 6
	Moda: 6	Moda: 7	Moda: 6,7	Moda: 6
	Rango: 3-10	Rango: 3-10	Rango: 2,5-9,2	Rango: 5-10

Tabla 3. Calificaciones de los criterios trabajados.

Criterio	C1.1	C2.1	C5.1	C6.2
Calificaciones	Media: Bien	Media: Suficiente	Media: Bien	Media: Bien
	Moda: Notable	Moda: Bien	Moda: Bien	Moda: Notable
	Rango: INS-SOB	Rango: SUF-NOT	Rango: SUF-SOB	Rango: SUF-SOB

Como se desprende de los datos anteriores, la mayoría del alumnado ha alcanzado con éxito los aprendizajes planteados en la SA. No obstante, tal y como se refleja en los rangos de calificaciones, hubo casos en los que estos aprendizajes no se produjeron. A este alumnado en concreto se le ofreció, como ya se ha comentado, la posibilidad de trabajar las actividades de refuerzo. Por otro lado, esta SA permitió también que otra parte del alumnado mostrase, en la mayoría de los criterios trabajados, un alto nivel competencial, sugiriéndoles en este caso que trabajasen las actividades de ampliación. Las medidas aplicadas para garantizar la correcta atención a la diversidad parecen haber surtido un efecto positivo. No se harán en este apartado distinciones por grupos puesto que, debido a los tamaños muestrales, no son estadísticamente comparables.

En lo referido al análisis de los cuestionarios de autoevaluación final realizados por el alumnado, la percepción de la evolución del aprendizaje que los discentes tienen sobre sí mismos se refleja en la **figura 2**. En casi todos los aspectos preguntados (que están relacionados con los saberes del Bloque II planteados en esta SA, principalmente) los discentes estiman que su nivel competencial ha mejorado significativamente en casi todos los casos (variando entre el 65% y el 96%), mostrando más dificultad a la hora de establecer una relación entre los riesgos naturales y los ciclos geodinámicos que se dan en nuestro planeta (48% mejora su aprendizaje). Esto pone de manifiesto la desconexión entre aprendizajes que el alumnado admite tener y además evidencia la necesidad de seguir potenciando tanto una visión multiparamétrica de las tareas que se les plantean, como la multidisciplinariedad en proyectos o situaciones de aprendizaje.

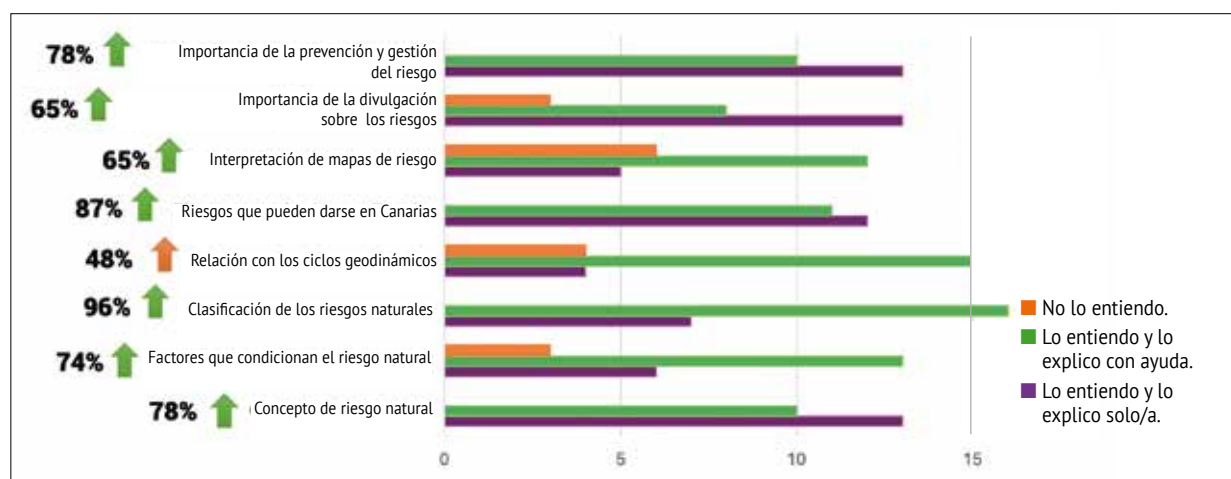


Figura 2. Resultados de autoevaluación.

En lo que respecta a las valoraciones realizadas por el alumnado, reconocen que les ha gustado la estructuración y recursos empleados en la propuesta y valoran positivamente saber de antemano qué se considerará como instrumento de evaluación y cómo se les va a evaluar. Asimismo, reconocen también que presentan, en general, una baja motivación por tratar los aspectos curriculares que versan sobre la geología y las ciencias de la Tierra y que les cuesta llevar a cabo aquellas actividades que requieren tener en cuenta factores cuya relación no les es tan evidente. Por ejemplo, en la Actividad 4 les costó decidir cuál era la opción más efectiva y menos costosa para minimizar el impacto del riesgo natural elegido y en la Actividad 2 les costó buscar propuestas de mejora del entorno que fuesen realistas y ajustadas.

Como propuesta de mejora, algunos discentes han sugerido eliminar el factor tiempo del juego empleado en la Actividad 4, pues esta limitación les causaba nerviosismo y también propusieron profundizar en alguna rutina de pensamiento que les ayudase a tardar menos tiempo en tomar decisiones.

CONCLUSIONES

El desarrollo de esta SA fue de agrado tanto para la profesora como para el alumnado. No obstante, al margen de la percepción de ambas partes, se analizará el grado de cumplimiento de los objetivos en función de los resultados obtenidos. Atendiendo al primero de los objetivos secundarios expuestos anteriormente (proponer alternativas en materia de prevención de riesgos naturales), el alumnado fue capaz de proponer en la mayoría de los casos alguna alternativa viable, si bien es cierto que en más de una ocasión apareció alguna alternativa “descabellada” o poco argumentada. A este alumnado le cuesta poco proponer iniciativas, pero la dificultad aumenta a la hora de argumentarlas o vincularlas a lo que “cree que sabe”. El segundo objetivo (valoración de la labor científica) se logró, además, con muy buenas expectativas ya que demostraron interés no únicamente en los centros de investigación de Canarias, sino que además se preocuparon de buscar información acerca de otros centros de investigación relacionados con los riesgos naturales como la National Oceanic and Atmospheric Administration de EEUU, reflejo de que el tema es para algunos y algunas de ellas motivante. Como se ha comentado, a este alumnado le cuesta conectar conocimientos para argumentar razones, así que el tercer objetivo secundario se inició, pero no se alcanzó (debe trabajarse de manera transversal en el curso académico). En cuanto a los objetivos sobre búsqueda de información y uso del vocabulario específico, al ser objetivos transversales de la materia, se ha evaluado la progresión del alumnado. En este punto se ha de admitir que, si bien ante un tema desconocido no son muy selectivos con la información, sí que muestran una progresión preocupándose, por ejemplo, de buscar la fiabilidad de la fuente que consultan.

Por último, en cuanto al objetivo principal de la SA, se asume que, pese a seguir teniendo algunas dificultades para comprender los procesos geológicos relacionados con la didáctica de las ciencias de la Tierra, el alumnado ha sido capaz de vincular que nuestras acciones y la dinámica del planeta pueden provocar eventos catastróficos capaces de afectar a los seres vivos y a sus acciones, con especial énfasis en los seres humanos, sus actividades y sus bienes y servicios. Además, han comprendido que hacer una correcta gestión de nuestros paisajes y entornos para minimizar impactos es una tarea que entraña una visión de conjunto y la cooperación entre ciencia y sociedad, valorando especialmente el papel de los científicos y científicas. No obstante, y a pesar de esto, se considera que el aprendizaje competencial referido a las ciencias de la Tierra sigue ofreciendo múltiples retos, comenzando por la motivación e implicación del alumnado y finalizando por la integración de los conocimientos integrados de las distintas materias impartidas en la Educación Secundaria Obligatoria.

REFERENCIAS

- [1] ANGUITA, F., HERNÁN, F. (1999) El origen de las Islas Canarias: Un modelo de síntesis. *Enseñanzas de la Tierra* 7(3), 254-261.
- [2] <https://involcan.org/guayota/> , <https://visualizadores.ign.es/tproximos-canarias/>
- [3] ROJAS, O., MARTÍNEZ, C. (2011) Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*, 20.
- [4] PÉREZ-LOZAO MACÍAS, M.T. (2017) *Elaboración de un proyecto curricular y materiales didácticos de Educación para el Riesgo en Canarias*. Universidad de La Laguna.

- [5] Gobierno de Canarias (2023) *Currículo de Educación Secundaria Obligatoria de la Biología y Geología en Canarias*. [Consultado el 15/01/24]
- [6] ALBA PASTOR, C., SÁNCHEZ HÍPOLA, P., SÁNCHEZ SERRANO, J.M., ZUBILLAGA DEL RÍO, A. (2018) *Pautas sobre el Diseño Universal para el Aprendizaje*.
- [7] MERRILL, M.D., BARCLAY, M., VAN SCHAACK, A. (2008) Prescriptive principles for instructional design. En M.D. Merrill, J.J.G. van Merriënboer, M.P. Driscoll (eds.) *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, 3rd ed., pp. 173-184.
- [8] Programa IDE Canarias. *Visor Grafcan*. <https://visor.grafcan.es/visorweb/>
- [9] Oficina para la Reducción del Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas. *Stop Disasters Game*. <https://www.stopdisastersgame.org>

EL ESCAPE ROOM COMO HERRAMIENTA DE MOTIVACIÓN EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Nieves Rodríguez Henche, I. Dolores Román Curto, Ángel Herráez Sánchez, José C. Díez Ballesteros, Jorge Recio Aldavero, Laura Muñoz Moreno, Lilian Puebla Jiménez, Ana M. Bajo Chueca

Grupo de Innovación Docente *InDoBio 5.0*, Departamento de Biología de Sistemas, Universidad de Alcalá.

nieves.rhenche@uah.es / lola.roman@uah.es / angel.herraez@uah.es / josecarlos.diez@uah.es / jorge.recio@uah.es / laura.munozm@uah.es / lilian.puebla@uah.es / ana.bajo@uah.es

Palabras clave: bioquímica; aprendizaje basado en juegos; salas de escape; aprendizaje basado en retos; trabajo colaborativo; trabajo en equipo.

Keywords: biochemistry; game-based learning; escape room; challenge-based learning; collaborative work; teamwork.

Resumen

El *Escape Room* educativo, incluido en las sesiones prácticas de la asignatura de *Bioquímica* durante dos cursos académicos consecutivos, surgió de la necesidad de aumentar la motivación de los estudiantes para conseguir un aprendizaje significativo. Tras la experiencia, se evaluaron la acción y los aprendizajes. Los estudiantes consideraron que la actividad había sido: i) una ayuda para aprender y comprender la asignatura; ii) una experiencia divertida y diferente a la hora de entender los contenidos; iii) una experiencia motivadora; y iv) buena, ya que la realizaron en equipo. En relación a los aprendizajes, cuando se desarrolló la actividad, los estudiantes que consiguieron en su evaluación formal una calificación igual o superior a 8 fue un 57,8%, muy por encima de lo obtenido sin la realización de dicha actividad.

Abstract

The educational Escape Room, included in the practical sessions of the Biochemistry subject for two consecutive academic years, arose from the need to increase student motivation in order to achieve significant learning. After the experience, both the action and the learning were evaluated. The students considered that the activity had been: **i)** an aid to learning and understanding the subject; **ii)** a fun and different experience in understanding the contents; **iii)** a motivating experience; and **iv)** good as it was carried out with teams. In terms of learning, when the activity was carried out, 57.8% of the students achieved a mark of at least 8 over 10, which was much higher than that obtained without the activity.

En los últimos tiempos, se han incorporado a la educación superior los juegos de tipo *Escape Room* [1-4]. De esta forma, los estudiantes participan más activamente en su aprendizaje, frente al enfoque clásico centrado en el profesor. El profesorado que ha utilizado este tipo de “juegos” destaca su valiosa utilidad, ya que permiten al estudiantado: i) adquirir y aplicar los conocimientos abordados en la asignatura, ii) desarrollar varias competencias y iii) potenciar distintas capacidades. Una ventaja adicional es que, durante la actividad, los docentes presencian y evalúan *in situ* el proceso de razonamiento/ y deducción de los estudiantes y la selección/ y manejo de fuentes de información, aspectos de enorme valor para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje [5,6].

Los juegos de *Escape Room* han ganado popularidad en los estudios en ciencias de la salud por múltiples razones. Este tipo de juegos implican la resolución de problemas en un entorno simulado, lo que permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos en situaciones realistas. En ciencias de la salud, donde la práctica y la toma de decisiones en tiempo real son fundamentales, este enfoque facilita el aprendizaje activo y la retención de conceptos clave. Además, los juegos de escape requieren colaboración entre los participantes del grupo,

fomentando la comunicación, el liderazgo y la gestión de roles. En el ámbito de la salud, los profesionales deben trabajar en equipo para tratar a los pacientes, y estos juegos permiten desarrollar esas habilidades de una manera dinámica. Su naturaleza lúdica aumenta la motivación de los estudiantes al hacer el aprendizaje más divertido y, al estar diseñados para resolver acertijos y superar pruebas, entrenan la capacidad de análisis de los estudiantes, el pensamiento crítico y su habilidad para resolver problemas [7-9].

En la asignatura de Bioquímica, las prácticas de laboratorio son esenciales para que los estudiantes comprendan los conceptos teóricos y adquieran habilidades experimentales. Sin embargo, se enfrentan a diversas dificultades en este ámbito. Entre los principales retos se encuentra la conexión entre la teoría y la práctica, la comprensión de ciertos procedimientos experimentales, la realización de cálculos —por ejemplo, el de concentraciones, que resulta especialmente desafiante— y la interpretación de los resultados, así como su aplicación a situaciones prácticas. Otro desafío relevante es la gestión del tiempo, ya que optimizar su uso es crucial para completar las prácticas y obtener resultados dentro de un período limitado. Además, el trabajo en el laboratorio se realiza en equipo, lo que exige coordinación, colaboración y comunicación eficaz de los integrantes del grupo entre sí y con el profesor. La actividad de *Escape Room* que presentamos en este trabajo tiene como propósito alcanzar los siguientes objetivos: 1) fomentar el trabajo en equipo y las habilidades de comunicación, 2) desarrollar el pensamiento crítico y la capacidad de razonamiento, 3) motivar y captar el interés de los estudiantes, y 4) mejorar la comprensión de los contenidos de las prácticas de Bioquímica.

DESARROLLO DEL JUEGO

El grupo de innovación docente *InDoBio 5.0* (Universidad de Alcalá, UAH) ha diseñado e implementado juegos de tipo *Escape Room* en las clases de laboratorio [10,11]. La actividad se ha realizado en dos cursos académicos con los estudiantes de Bioquímica del primer curso del Grado en Enfermería, al final del periodo de las sesiones de laboratorio. En 2022, se desarrolló con la mitad de los alumnos del curso ($n=47$) y, en 2023, con su totalidad ($n=99$). Para ello, los estudiantes se distribuyeron en dos laboratorios y en diferentes equipos (identificados por un color) que compitieron entre sí. Cada equipo estuvo formado por 6-7 estudiantes.

El escenario elegido para la *Nursing Escape Room UAH* fue resolver una situación límite relacionada con un problema de salud muy extendido actualmente en la sociedad, la diabetes. Tras la superación de la primera prueba, consistente en encontrar una caja mágica con la llave que abre el «kit de escape», los equipos podían comenzar a resolver las 13 pruebas del *Escape Room*. Este “kit” que contenía diferentes elementos (linterna de luz ultravioleta, filtro de gel rojo, código de símbolos, espejos, etc.) “acompañó” a los participantes durante toda la actividad (figura 1). Se estableció un tiempo límite de una hora para completar el *Escape Room*.



Figura 1. Contenido del kit *Escape Room* bioquímico con candado (1): espejo (2), tarjeta de código de símbolos (3), filtro de gel rojo (4), linterna de luz ultravioleta (5), varias micropipetas (6), gradilla con tubos de ensayo (7), caja de puntas amarillas (8), caja de puntas azules (9), tubos con disolución coloreada (10) y sobre con la pista n° 1 (11).

A cada equipo se le asignó un profesor encargado de vigilar la correcta realización de las pruebas y de anotar las penalizaciones de tiempo, si se producían errores en su ejecución o si necesitaban ayuda extra para superar alguno de los retos. El equipo que consiguió superar el total de los 13 desafíos en el menor tiempo fue el equipo ganador (figura 2). En la práctica, la limitación prevista de una hora no supuso un problema.



Figura 2. Imágenes de las pruebas realizadas por el equipo ganador en *Nursing Escape Room UAH*.

RESULTADOS

1. Opinión de los estudiantes sobre el Nursing Escape Room

El día de la evaluación de las prácticas, los estudiantes rellenaron individualmente un cuestionario de 8 preguntas relacionadas con la idoneidad de la actividad y la experiencia de aprendizaje. Las respuestas a estas preguntas se evaluaron en una escala tipo Likert de 6 puntos que iba de 0 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo). De los 99 estudiantes que participaron en la actividad, 97 rellenaron el cuestionario y sus respuestas se muestran en la **figura 3**. La mayoría de los alumnos consideraron que el *Nursing Escape Room UAH* les había ayudado a comprender los contenidos de la asignatura y había sido una experiencia motivadora. Además, consideraron que el grado de dificultad era medio, el tiempo de ejecución era adecuado y valoraron como muy positivo el trabajo colaborativo en equipo. Cabe destacar que la mayoría de ellos recomendó que se siguiera realizando la actividad.

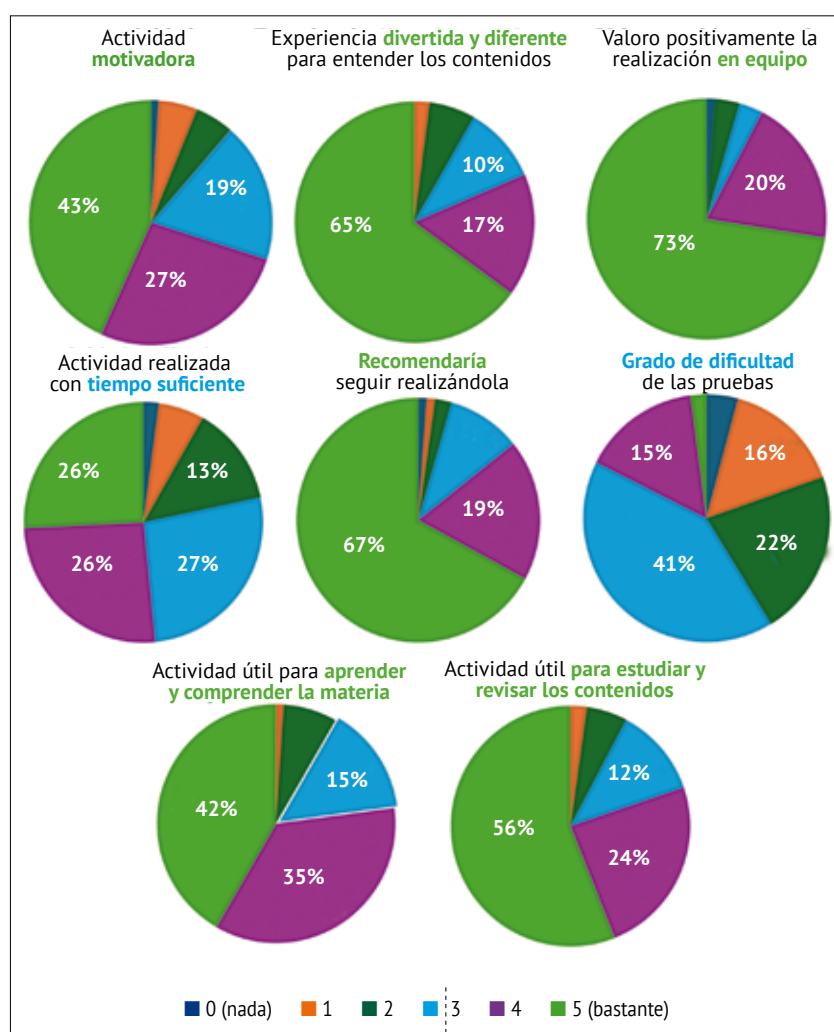


Figura 3. Opinión de los estudiantes sobre el Nursing Escape Room UAH (edición 2023).

2. Resultados de la evaluación

Tras la realización de las sesiones de laboratorio y el *Nursing Escape Room UAH*, se procedió a evaluar el aprendizaje con un examen escrito sobre el contenido de las prácticas. Los resultados obtenidos muestran un 91% de estudiantes aprobados, de los que un 58% obtuvieron una calificación igual o superior a 8 (**figura 4**).

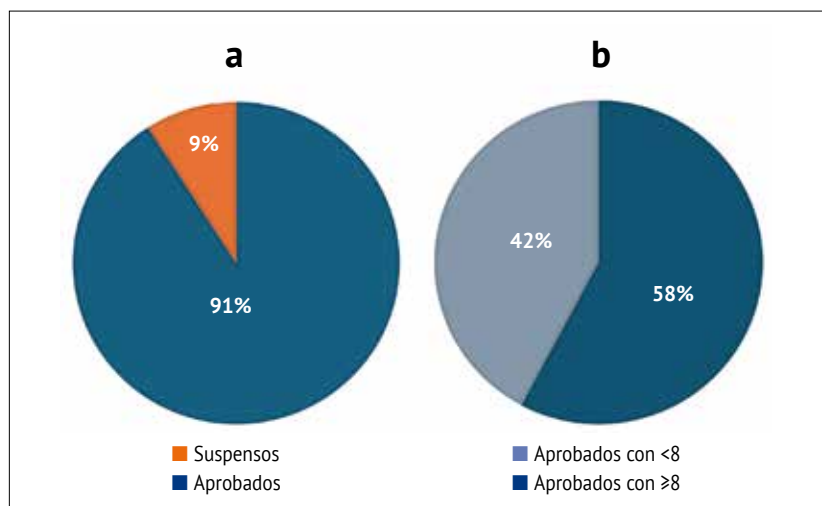


Figura 4. Resultados obtenidos en la prueba escrita de evaluación tras la realización de las sesiones prácticas y el Escape Room en 2023. Porcentaje (a) de aprobados y suspensos y (b) de aprobados que obtuvieron una calificación menor de ocho e igual o superior a ocho.

3. Calificaciones obtenidas desde 2019 a 2023

Para conocer si la experiencia “lúdica” había tenido una repercusión favorable en los conocimientos adquiridos por los estudiantes, comparamos las calificaciones obtenidas en el periodo 2019-2023 (figura 5a). Entre los años 2019-2021, no se realizó ninguna actividad que reforzara las sesiones prácticas. En 2022, la experiencia lúdica se desarrolló con la mitad de los alumnos y en 2023 se llevó a cabo con su totalidad. Un 90,8% de los alumnos que realizaron el *Nursing Escape Room UAH* en 2023 obtuvieron una calificación superior a cinco, alcanzando prácticamente el porcentaje de aprobados habitual en años previos a la pandemia (93,3%). Además, el estudiantado que había participado en el juego y que había conseguido una calificación igual o superior a 8 fue de un 57,8%, muy por encima de lo obtenido en el periodo 2019-2022 (figura 5b). En todos los casos el examen fue similar en cuanto a número, tipo y dificultad de las preguntas.

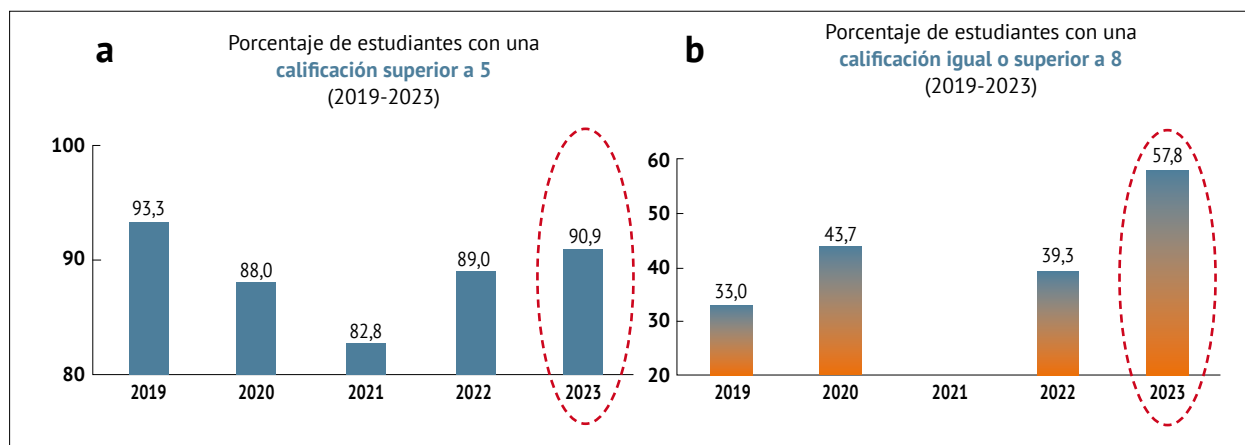


Figura 5. Resultados obtenidos en la prueba escrita de evaluación tras la realización de las sesiones de laboratorio. En el periodo 2019-2021 no se realizó ninguna actividad que reforzara las sesiones prácticas; en 2022, se desarrolló con la mitad de los estudiantes; y en 2023, se llevó a cabo la experiencia lúdica con la totalidad de los estudiantes. Porcentaje (a) de estudiantes aprobados y (b) con calificación igual o superior a ocho.

DISCUSIÓN

La actividad presentada en este estudio fue diseñada con el objetivo de superar las dificultades de aprendizaje que habíamos detectado entre los estudiantes que se enfrentan a las prácticas de laboratorio de Bioquímica. Como herramienta pedagógica, se empleó un *Escape Room* lúdico creado específicamente por el grupo de innovación docente *InDoBio 5.0* [10]. Los resultados reflejan que la implementación del *Escape Room* en el laboratorio permitió a los estudiantes reforzar conocimientos de manera amena y aplicada, al mismo tiempo

que mejoraron ciertas habilidades blandas. Esta experiencia indica que el juego puede transformar el proceso educativo.

Para muchos estudiantes, fue su primera vez participando en una actividad de este tipo en un entorno académico, y la valoraron de forma muy positiva. Además, los resultados de la encuesta subrayan la importancia que los estudiantes atribuyen al trabajo en equipo. A la pregunta abierta sobre lo mejor del *Escape Room*, la respuesta más frecuente fue "trabajar en equipo".

Uno de los desafíos del diseño de un *Escape Room* es establecer un nivel de dificultad adecuado, asegurando al mismo tiempo que los participantes puedan escapar dentro del tiempo límite. En nuestro estudio, las respuestas de los estudiantes indican que las pruebas presentaron un grado de dificultad moderado y solo el 26% consideró que el tiempo disponible fue suficiente. A pesar de ello, la experiencia resultó muy motivadora para la mayoría de los estudiantes. Esto sugiere que el juego fue desafiante, pero motivador al mismo tiempo, generando satisfacción entre los participantes, incluso en aquellos que no lograron escapar a tiempo.

Los 13 retos propuestos en el *Nursing Escape Room* desafiaron a los estudiantes a resolver problemas que implicaban la realización de cálculos para preparar disoluciones, el manejo de instrumental de laboratorio (como espectrofotómetros y micropipetas), la interpretación de resultados experimentales y la aplicación de dichos resultados al caso práctico que debían resolver para escapar. La mayoría de los participantes consideraron que esta actividad facilitó la comprensión y el aprendizaje de los contenidos, además de ayudarles en su estudio.

Los resultados de la evaluación de conocimientos reflejan el impacto positivo de la experiencia. No solo se alcanzó una alta tasa de aprobados (91%), sino que más de la mitad de los estudiantes aprobados obtuvieron una calificación superior a 8 puntos (58%). Este resultado supera al de los años 2019, 2020 y 2021, en los que no se implementó el *Escape Room*, así como al del año 2022, cuando solo la mitad de los estudiantes participaron en esta actividad. Estos resultados sugieren que el *Escape Room* ha contribuido a superar algunas de las dificultades en el aprendizaje de los contenidos prácticos de Bioquímica y confirman su eficacia como herramienta educativa.

Por último, es importante resaltar el papel crucial del profesor durante el desarrollo del juego. El profesor actúa como facilitador, ofreciendo apoyo cuando el equipo enfrenta dificultades y evitando que se queden "atascados". Fomenta la colaboración y el trabajo en equipo para que puedan avanzar en los desafíos. Además, supervisa cómo los estudiantes aplican sus conocimientos y evalúa su capacidad de razonamiento, lo que le permite identificar posibles lagunas o áreas que necesitan refuerzo.

CONCLUSIONES

La utilización de "juegos" en el aula constituye una experiencia constructiva que aprovecha todos los beneficios de la implementación de retos en el entorno educativo. La actividad desarrollada *Nursing Escape Room UAH* ha contribuido a mejorar la calidad de la docencia presencial, fomentando la motivación intrínseca de los estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los proyectos "UAHEV/1417-*Nursing Escape Room UAH*: motivación para aprender en el laboratorio de bioquímica" y "UAHEV/1517-*Escape Rooms UAH*: motivación para aprender en el laboratorio de Bioquímica". Han sido financiados por el Vicerrectorado de Estrategia y Planificación de la Universidad de Alcalá (UAH) en las convocatorias 2022 y 2023 de Proyectos para el fomento de la Innovación en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] GUTIÉRREZ-PRAENA, D., RÍOS-REINA, R., RUIZ, R., TALERO, E., CALLEJÓN, R., CALLEJÓN, R.M., CASAS, M., DE LA HABA, R.R., GARCÍA-MIRANDA, P., CARRASCAL, L., GUZMÁN-GUILLÉN, R., SÁNCHEZ-HIDALGO, M. (2019) El uso de un escape room como recurso docente en la Facultad de Farmacia. V Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red, Editorial Universitat Politècnica de València, 1145-1155, [En línea] doi: 10.4995/INRED2019.2019.10356

- [2] LLAMAS, A., TEJADA, M., GONZÁLEZ, D., FERNÁNDEZ, E. (2019) ¿Es posible hacer divertido y ameno el estudio de la bioquímica?: La gamificación para aprender. *Revista de Innovación y Buenas Prácticas Docentes* 8(2), 1-11, <https://www.researchgate.net/publication/334687999>
- [3] MAKRI, A., VLACHOPOULOS, D., MARTINA, R.A. (2021) Digital Escape rooms as innovative pedagogical tools in education: A systematic literature review. *Sustainability* 13(8), 4587. doi: 10.3390/su13084587
- [4] ADAMS, V. (2021) Nursing Escape Room. The key to unlocking exemplary learning, The University of Kansas Health System [En línea], disponible en <https://www.kansashealthsystem.com/for-professionals/education/training/escape-room/> [Consultado el 21/04/2024].
- [5] GÓMEZ-URQUIZA, J.L., GÓMEZ-SALGADO, J., ALBENDÍN-GARCÍA, L., CORREA-RODRÍGUEZ, M., GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, E., CAÑADAS-DE LA FUENTE, G.A. (2019) The impact on nursing students' opinions and motivation of using a "Nursing Escape Room" as a teaching game: A descriptive study. *Nurse Education Today* 72, 73-76. doi: 10.1016/j.nedt.2018.10.018
- [6] POYATOS, M. (2018) Guía para diseñar un breakout edu y escape room, [En línea], disponible en <https://www.blogsita.com/guia-para-disenar-un-breakout-edu-y-scape-room/> [Consultado el 21/04/2024].
- [7] VELDKAMP, A., VAN DE GRINT, L., KNIPPELS, M.C.P.J., VAN JOOLINGEN, W.R. (2020) Escape education: A systematic review on escape rooms in education. *Educational Research Review* 31, 100364. doi: 10.1016/j.edurev.2020.100364
- [8] REINKEMEYER, E.A., CHRISMAN, M., PATEL, S.E. (2022) Escape rooms in nursing education: An integrative review of their use, outcomes, and barriers to implementation. *Nurse Education Today* 119, 105571. doi: 10.1016/j.nedt.2022.105571
- [9] QUEK, L.H., TAN, A.J.Q., SIM, M.J.J., IGNACIO, J., HARDER, N., LAMB, A., CHUA, W.L., LAU, S.T., LIAW, S.Y. (2024) Educational escape rooms for healthcare students: A systematic review. *Nurse Education Today* 132, 106004. doi: 10.1016/j.nedt.2023.106004
- [10] RODRÍGUEZ-HENCHE, N., ROMÁN, I.D., MUÑOZ-MORENO, L., HERRÁEZ, A., DÍEZ, J.C., PUEBLA, L., BAJO, A.M. (2023) Designing a biochemical escape room for undergraduate students. *INTED2023 Proceedings*, pp. 8140-8146. doi: 10.21125/inted.2023.2206 [10] <http://hdl.handle.net/10017/60683>
- [11] RODRÍGUEZ-HENCHE, N., ROMÁN, I.D., HERRÁEZ, A., DÍEZ, J.C., RECIO-ALDAVERO, J., MUÑOZ-MORENO, L., PUEBLA, L., BAJO, A.M. (2023) Nursing escape room UAH: motivation to learn in the biochemistry laboratory. *INTED2023 Proceedings*, pp. 8216-8223. doi: 10.21125/inted.2023.2231 <http://hdl.handle.net/10017/60684>

TRABAJO COLABORATIVO COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR EL INTERÉS Y LA MOTIVACIÓN DE LOS ESTUDIANTES EN INMUNOLOGÍA Y ANÁLISIS CLÍNICOS

Luz M.^a Suárez González, Irene Martínez de Toda Cabeza, Natalia Guerra Pérez, Judith Félix Escalera, Julia M.^a Carracedo Añón, Teresa Peláez Martínez, Eva M.^a González Arana

Dpto. Genética, Fisiología y Microbiología, Facultad de CC. Biológicas, Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.

Palabras clave: colaboración; motivación; interés; aprendizaje; biología.

Keywords: collaboration; motivation; interest; learning; biology.

Resumen

En la educación superior universitaria, a menudo nos encontramos con un elevado número de estudiantes en cada aula (50-70), lo que dificulta la participación del estudiantado y disminuye su interés y motivación. Sin embargo, una herramienta que ha demostrado ser eficaz en estos casos es el trabajo colaborativo, que promueve la interacción directa tanto con los profesores como con los compañeros. Por ello, durante el curso 22/23, en la asignatura de Inmunología y Análisis Clínicos que se imparte en cuarto curso del Grado en Biología de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) empleamos esta estrategia docente, incrementando con éxito el interés, la motivación y participación de nuestros estudiantes.

Abstract

In higher education, we often encounter a large number of students per classroom, (around 50 -70), which makes it difficult to achieve participation and diminishes student interest and motivation. However, one effective tool in these cases is collaborative work, which promotes direct interaction between students, but also between professors and students. Therefore, during the academic year 22/23 in the subject of Immunology and Clinical Analysis belonging to the Biology degree program at Complutense University of Madrid (UCM) we implemented this teaching strategy, successfully increasing our students' interest, motivation, and participation.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza superior universitaria generalmente cuenta con un elevado número de estudiantes por clase. Sin embargo, la investigación pedagógica ha demostrado que la alta densidad de estudiantes por aula es un hándicap que afecta negativamente a la atención y participación activa de los estudiantes, reduciendo su capacidad de aprendizaje [1], lo que a la larga repercute en una menor motivación e interés por la materia impartida. Un claro ejemplo de esta situación la podríamos encontrar en la asignatura de Inmunología y Análisis Clínicos que se imparte en cuarto curso del Grado en Biología, dentro de la mención de Biología Sanitaria, en la Universidad Complutense de Madrid, ya que generalmente en esta asignatura se matriculan más de 140 estudiantes divididos en tres grupos de teoría, lo que genera que haya un elevado número de estudiantes por aula. Además, esta asignatura tiene 6 ECTS, de los cuales sólo 26 horas se dedican a las clases teóricas de inmunología y 15 horas a prácticas de laboratorio, lo que resulta claramente insuficiente para abordar una materia tan compleja. Por todo esto, herramientas que ayuden a incentivar el interés y aprendizaje de nuestros estudiantes son fundamentales para conseguir los objetivos docentes tales como conocer los componentes y mecanismos de la respuesta del sistema inmunitario en situaciones fisiológicas, conocer y ejecutar las técnicas

inmunológicas básicas y proporcionar los fundamentos necesarios para el ejercicio profesional de esta disciplina en el área biosanitaria.

Para conseguir estos objetivos una de las herramientas que ha demostrado ser eficaz es el aprendizaje basado en el trabajo colaborativo, ya que se ha visto que este tipo de trabajo aumenta significativamente la motivación y el interés de los estudiantes, incrementando su compromiso y rendimiento académico mediante el fomento de su participación, lo que a su vez mejora también sus habilidades sociales y de comunicación [2].

Asimismo, la libre elección del tema de trabajo puede reforzar aún más esta motivación e interés, ya que se ha demostrado que cuando los estudiantes tienen la libertad de elegir sus propios temas de estudio tienden a mostrar un mayor interés y motivación hacia el aprendizaje, pues esta autonomía fomenta un sentido de propiedad y relevancia personal en su educación, lo que puede llevar a una mayor participación y éxito académico [3].

Por otra parte, una extensa revisión realizada por John Hattie [4] concluye que uno de los factores que más influyen en el aprendizaje y rendimiento académico de los estudiantes es el aprendizaje guiado por el profesorado. La guía del profesor proporciona un marco claro y organizado que ayuda a los estudiantes a centrarse en los aspectos clave del contenido. Los profesores pueden adaptar las estrategias de enseñanza a las necesidades específicas del grupo, ofreciendo retroalimentación inmediata y recursos adicionales para aquellos que lo necesiten. Además, la interacción constante con el profesor fomenta un ambiente de aprendizaje activo y participativo. Los estudiantes pueden aclarar dudas en el momento, participar en discusiones enriquecedoras y recibir orientación personalizada, lo que contribuye a una mejor asimilación del conocimiento, que además se hace más duradero. En resumen, la preparación guiada por los profesores no solo mejora el rendimiento académico de los estudiantes, sino que también los motiva y compromete más con el proceso educativo, desarrollando habilidades críticas para su futuro profesional.

Así, el objetivo de este proyecto de innovación fue potenciar el interés, motivación y participación de los estudiantes por la asignatura de Inmunología y Análisis Clínicos mediante el desarrollo de trabajos colaborativos utilizando, entre otros, el recurso educativo WIKI, disponible a través del Campus Virtual.

Metodología y plan de trabajo.

El presente proyecto se llevó a cabo durante el curso académico 22/23 en la asignatura de Inmunología y Análisis Clínicos que se imparte en el primer semestre del cuarto curso del Grado en Biología de la Universidad Complutense de Madrid. Previamente, se había diseñado todo el proceso para garantizar su exitoso desarrollo e implantación.

1. Libre elección de participación y temática a desarrollar.

El primer día lectivo se puso en conocimiento de los estudiantes la posibilidad de realizar un trabajo colaborativo o un trabajo individual, respetando la libre elección del estudiantado, aunque todos los trabajos deberían centrarse sobre el tema I I de la asignatura que trata de las alteraciones funcionales de la respuesta inmunitaria, lo que engloba la hipersensibilidad, la autoinmunidad y las inmunodeficiencias. Se seleccionó este tema por el interés que suelen despertar estos conocimientos entre los estudiantes y por el gran número de temas que se pueden abordar, lo que garantiza una gran variedad de opciones de elección por parte de los equipos de trabajo. Durante la primera semana, los estudiantes enviaron al profesorado la composición de los equipos de trabajo y tres subtemas seleccionados por ellos. Posteriormente, se hicieron públicos a través del Campus Virtual de la asignatura los equipos, los temas y los tutores asignados a cada equipo.

2. Asignación del tutor.

Una vez establecidos los equipos y elegido el tema del trabajo, el profesorado asignó a cada equipo un tutor que le guiase en el proceso de elaboración de los trabajos. Este tutor suministró a cada equipo una bibliografía básica. Bajo la orientación del tutor, los equipos elaboraron un índice con la información esencial del tema y desarrollaron los diferentes apartados. Durante todo el proceso de edición de textos, el profesorado aseguró la participación de todos los miembros del equipo.

3. Elaboración del trabajo de forma colaborativa.

Para la redacción de los trabajos se recomendó el uso de la herramienta WIKI, creada para cada grupo de trabajo en el Campus Virtual de la asignatura, aunque también se admitieron otras herramientas de redacción grupal de textos, como puede ser Google Drive. El formato final de los trabajos debía tener una extensión máxima de 20 páginas, un resumen, conclusiones, perspectivas de futuro y bibliografía.

4. Visualización del trabajo.

Una vez el trabajo fue revisado por el tutor, los equipos elaboraron un resumen para compartirlo con el resto de sus compañeros, con el fin de que todos los estudiantes pudieran ampliar sus conocimientos sobre el tema abordado en cada uno de los trabajos.

5. Análisis de los resultados.

Para valorar la consecución del objetivo propuesto, coincidiendo con el examen final de la asignatura, se repartió una encuesta de valoración anónima y voluntaria que recogía los principales aspectos de esta actividad docente, los cuales fueron detenidamente analizados para valorar la consecución del objetivo propuesto, como se detalla a continuación.

RESULTADOS

Aunque inicialmente estaba previsto que este trabajo fuese realizado por un número pequeño de estudiantes (aproximadamente 60 en base a nuestra experiencia previa), dada la gran acogida que tuvo la iniciativa ampliamos el número de equipos y finalmente realizaron este trabajo 19 equipos de trabajo formados por entre 2 y 6 estudiantes, lo que hizo un total de 76 participantes, suponiendo un 53% de los estudiantes matriculados en la asignatura y un incremento del 13% sobre lo previsto (**figura 1**). Es importante destacar que, a pesar del aumento en la participación, la realización de esta actividad no se vio afectada debido a la gran tarea de coordinación por parte del profesorado y las colaboradoras del departamento.

Como se ha comentado anteriormente, la temática de los trabajos colaborativos tenía que estar relacionada con el tema II de la asignatura: "Alteraciones funcionales de la respuesta inmunitaria", que engloba trastornos por hipersensibilidad, autoinmunidad e inmunodeficiencias primarias y adquiridas. De estos temas generales ofertados, los equipos eligieron la temática específica que se detalla en la **tabla 1**.

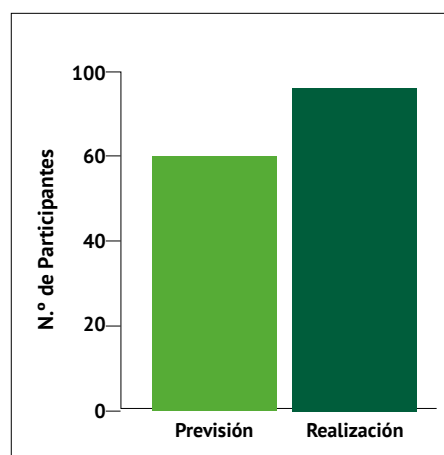


Figura 1. Realización del trabajo colaborativo previsto (verde claro) y realizado (verde oscuro).

Tabla 1. Temáticas seleccionadas por los equipos de trabajo.

Tema	Número de equipos de Trabajo
Alérgenos	1
Artritis reumatoide	1
Enfermedad celíaca	1
Enfermedad de Crohn	1
Enfermedad de Hashimoto	2
Esclerosis múltiple	2
Hipersensibilidad a antibióticos y medicamentos	1
Inmunodeficiencias congénitas y enfermedad de SCID	2
Lupus eritematoso sistémico	3
Patologías autoinmunes	4
Psoriasis	1

Para valorar la consecución del objetivo propuesto, se encuestó a los estudiantes sobre su grado de satisfacción en la participación de esta tarea, con los resultados que se muestran en la **tabla 2**.

Tabla 2. Resultados de la encuesta de valoración realizada por los alumnos que han participado en el trabajo colaborativo.

Pregunta	Escala de importancia				
	NS/NC	En absoluto	No mucho	En cierto modo	Mucho
1. La realización de estas actividades ha aumentado mi interés por la asignatura.	1	0	12	43	16
2. La realización de estas actividades ha aumentado mi conocimiento sobre la materia impartida.	1	0	8	40	23
3. La realización de estos trabajos puede ser útil en mi carrera profesional.	1	1	13	33	24
4. Las consultas de tutoría han resultado útiles para preparar estos trabajos	5	0	15	19	33
5. La opción de profundizar en otros temas relacionados con la asignatura me ha animado a estudiarla.	0	3	23	26	20
6. Me parece interesante la opción de poder divulgar el trabajo realizado.	7	2	7	21	35
7. La herramienta WIKI me ha resultado útil en la realización del trabajo colaborativo	16	34	18	2	2
8. En general, estoy satisfecho/a con haber participado en la realización de estos trabajos.	2	0	6	24	40

En azul se destaca la valoración máxima obtenida en cada pregunta. Para facilitar la comprensión de estos resultados, los datos se muestran a continuación agrupados en 3 grandes categorías: 1-NS/NC; 2- poco satisfecho (columnas 2 y 3); 3- satisfecho (columnas 4 y 5) y expresados según el porcentaje de estudiantes que completaron la encuesta.

Trabajos previos habían demostrado que el trabajo colaborativo es una herramienta eficaz para incrementar la motivación e interés de los estudiantes en aulas muy numerosas [2]. Nuestros resultados muestran que la implantación de esta herramienta en la asignatura de Inmunología y Análisis Clínicos incrementa, en opinión de los estudiantes encuestados, el interés por la misma (**figura 2A**). Además, el hecho de fomentar la autonomía de los equipos y el trabajo guiado por el profesorado demuestra ser eficaz incrementando el conocimiento en la materia impartida (figura 2B), lo que mejora su rendimiento académico, ya que casi el 78% de los estudiantes afirma que esta tarea ha aumentado las horas de estudio de esta asignatura (**figura 2C**).

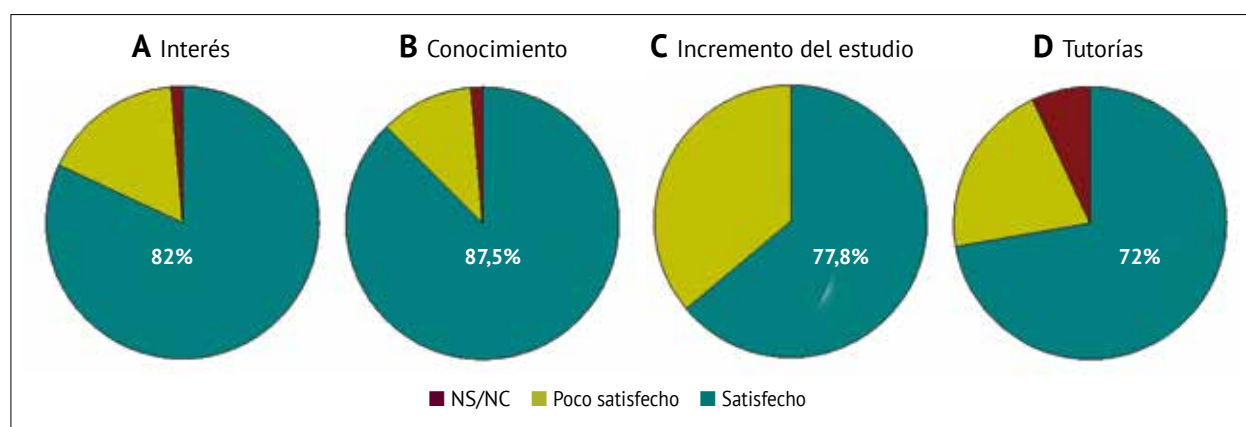


Figura 2. La realización del trabajo colaborativo incrementa el interés, conocimiento y horas de estudio de los estudiantes de Inmunología y Análisis Clínicos. En números blancos se muestra el porcentaje mayor de respuestas.

Uno de los aspectos fundamentales del proyecto era el aprendizaje activo de los estudiantes guiado directamente por el profesorado. Esto permite una interacción directa entre profesor y estudiante, que fomenta el aprendizaje activo a la vez que incrementa el aprendizaje duradero y profundo [4]. Al ser encuestados los estudiantes por este trabajo guiado, el 72% opina que está satisfecho con la labor de las tutorías (figura 2D). Este resultado es especialmente relevante, ya que, como se indicó previamente, la realización de este trabajo colaborativo superó las expectativas iniciales, por lo que se requirió un esfuerzo adicional de coordinación por parte del profesorado para garantizar el éxito de la actividad. Durante este período hemos realizado

diversas reuniones tanto presenciales como a través de videoconferencia, con el fin de definir de forma clara los contenidos mínimos que debían contener todos los trabajos colaborativos y consensuar las calificaciones obtenidas por los estudiantes.

La posibilidad de poder difundir los resultados obtenidos está muy bien valorada por los participantes puesto que el 79% considera muy interesante poder hacerlo (**figura 3A**), aunque el número de estudiantes que visualizaron los resúmenes de los trabajos colaborativos en el Campus Virtual de la asignatura fue más bajo de lo esperado (datos no mostrados). Además, aunque no era uno de los objetivos propuestos, se quiso conocer la opinión de los estudiantes en cuanto a su desarrollo profesional. La asignatura se imparte el último curso del Grado en Biología, por lo que nuestros estudiantes están muy próximos a su incorporación al mercado laboral. Es interesante comprobar cómo la encuesta pone de manifiesto que el 79% de los encuestados considera que las tareas realizadas pueden ser útiles en su carrera profesional (**figura 3B**).

Finalmente, cuando los estudiantes fueron encuestados con relación a su satisfacción con la realización de esta actividad, el 90% contestó que está satisfecho de haber participado en esta actividad (**figura 4**). Todos estos datos indican que con esta actividad hemos logrado incrementar el interés y motivación de nuestros estudiantes por esta asignatura, lo que era nuestro principal objetivo.

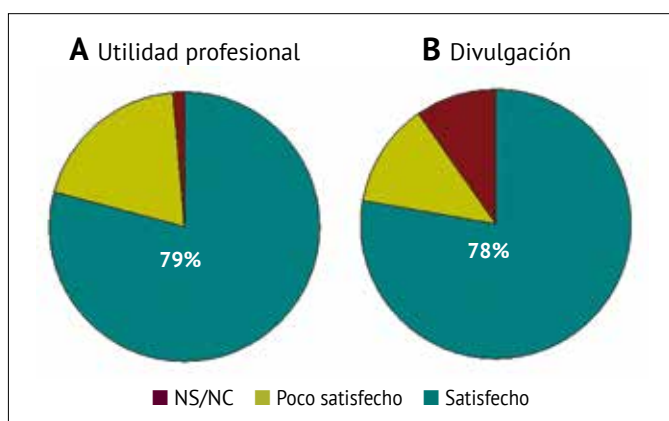


Figura 3. La mayoría de los estudiantes de Inmunología y Análisis Clínicos manifiestan que la realización del trabajo colaborativo puede ser útil en su carrera profesional y están a favor de la divulgación de su trabajo. En números blancos se muestra el porcentaje mayor de respuestas.

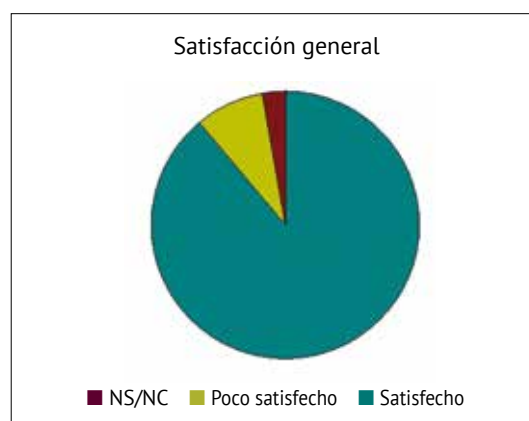


Figura 4. La mayoría de los estudiantes de Inmunología y Análisis Clínicos manifiestan que están satisfechos de haber realizado un trabajo colaborativo. En números blancos se muestra el porcentaje mayor de respuestas.

DISCUSIÓN

La educación superior universitaria enfrenta el desafío de manejar una elevada densidad de estudiantes mientras que se enseña material de compleja comprensión. Las investigaciones docentes han revelado que esta situación puede dificultar la motivación e interés de los estudiantes, reduciendo la calidad educativa [1]. Como respuesta a este reto, en los últimos años las clases magistrales tradicionales están siendo reemplazadas gradualmente por métodos de enseñanza más dinámicos, que buscan fomentar la participación activa del estudiantado, haciendo frente a los desafíos actuales y mejorando la calidad del aprendizaje [5,6].

Una de estas herramientas es el trabajo colaborativo, el cual propone el aprendizaje basado en equipos de trabajo. Nuestros resultados demuestran que la implantación de esta herramienta pedagógica incrementa el interés y motivación de nuestros estudiantes. Un análisis profundo de esta situación nos lleva a concluir que este aumento es multifactorial. Primeramente, el trabajo colaborativo facilita la comprensión de conceptos complejos mediante la discusión entre compañeros, y gracias a esto fomenta el aprendizaje activo de los estudiantes [2]. Además, el trabajo guiado por el profesor fortalece el ambiente de aprendizaje participativo [4]. Y, finalmente, la libre elección de la temática desarrollada por los equipos favorece su grado de implicación, como ya se ha demostrado previamente [3]. Todos estos factores estarían influyendo en igual medida en los resultados obtenidos.

Sin embargo, una de las principales problemáticas que enfrenta el trabajo colaborativo es conseguir la participación de todos los integrantes del equipo de trabajo [7]. Para solucionar esto propusimos equipos de

trabajo más reducidos (2-4 estudiantes) que fueron supervisados directamente por el profesorado. Esta estrategia garantizó la activa participación de todos los integrantes y permitió resolver los conflictos individuales que surgieron, gracias a la atención constante por parte del profesorado.

Finalmente, según las investigaciones docentes [2,8], el trabajo colaborativo promueve la construcción colectiva del conocimiento y el desarrollo de habilidades críticas y sociales, como el trabajo en equipo, el pensamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas [8]. Estas competencias son fundamentales en el ámbito de las ciencias de la vida, ya que permiten a los profesionales analizar datos de manera eficaz, resolver problemas complejos y colaborar con colegas de diversas disciplinas para avanzar en el conocimiento científico y mejorar los resultados de salud. Así, nuestros resultados demuestran que la implementación de un trabajo colaborativo mejora el pensamiento crítico de nuestros estudiantes de Inmunología y Análisis Clínicos, lo que puede ser de gran utilidad en su desarrollo profesional futuro.

CONCLUSIONES

El desarrollo de un trabajo colaborativo es una herramienta eficaz para incrementar el interés y motivación de los estudiantes universitarios de Inmunología y Análisis Clínicos. El trabajo en equipo y supervisión directa del profesorado permite profundizar en el conocimiento de la materia, a la vez que se desarrollan las habilidades sociales y el pensamiento crítico.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los estudiantes que participaron activamente en este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MULRYAN-KYNE, C. (2010) Teaching large classes at college and university level: Challenges and opportunities. *Teaching in Higher Education, Critical Perspectives* 15, 175-185. doi:10.1080/13562511003620001
- [2] LOES, C.N. (2022) The effect of collaborative learning on academic motivation. *Teaching & Learning Inquiry* 10. doi:10.20343/teachlearninqu.10.4
- [3] DECI, E.L., RYAN, R.M. (2000) Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist* 55, 68-78.
- [4] HATTIE, J. (2009) *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Londres, Routledge. ISBN 10: 0415476186.
- [5] FREEMAN, S., EDDY, S.L., MCDONOUGH, M., SMITH, M.K., OKOROAFOR, N., JORDT, H., WENDEROTH, M.P. (2014) Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, 8410-8415. doi:10.1073/pnas.1319030111
- [6] MICHAEL, J. (2006) Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education* 30, 159-167. doi:10.1152/advan.00053.2006
- [7] JOHNSON, D.W., JOHNSON, R.T., HOLUBEC, E.J. (1999) *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires, Argentina. Editorial Paidós Ibérica SA. ISBN 950-12-2144-X.
- [8] LEÓN QUISPE, K., SANTOS SEBRIÁN, A., ALONZO YARANGA, L. (2023) El trabajo colaborativo en la educación. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación* 7, 1423-1437. doi:10.33996/revistahorizontes.v7i29.602

INCORPORANDO LA GESTIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN LAS ENSEÑANZAS REGLADAS: PROPUESTAS PARA UNA DIDÁCTICA DE LA SOSTENIBILIDAD Y LOS CRITERIOS ESG

Rafael Tomás-Cardoso

Unidad Docente de Antropología. Dpto. Biodiversidad, Ecología y Evolución Facultad de Ciencias Biológicas y Grupo de Investigación EPINUT. Universidad Complutense de Madrid. raftomas@ucm.es

Palabras clave: sostenibilidad; criterios ASG; nuevas profesiones; enseñanza universitaria.

Keywords: sustainability; ESG criteria; new professions; university teaching.

Resumen

Las tendencias actuales en las normativas y regulaciones de la sostenibilidad están incorporando la consideración de las dimensiones ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) en el análisis y reporte de la actividad, los resultados e impactos de organizaciones y empresas. Ello plantea retos y oportunidades para las empresas y también para los profesionales. En una revisión de los planes de estudio de la enseñanza reglada en España se observa la desatención a estas cuestiones y nuevas demandas formativas. Paralelamente, la aplicación de un cuestionario en torno al grado de conocimiento social de estos procesos, en población académica (docente y discente) y en población general, nos ha reportado la despreocupación y amplio desconocimiento de estos temas.

Abstract

Current trends in sustainability standards and regulations are incorporating the consideration of ESG (environmental, social and governance) dimensions in the analysis and reporting of the activity, results and impact of organizations and companies. This poses challenges and opportunities for companies and for professionals. In a review of the study plans of regulated education in Spain, the lack of attention to these issues and new training demands is observed. At the same time, the application of a questionnaire regarding the degree of social knowledge of these processes, both in the academic population (teachers and students) and in the general population, has reported a lack of concern and extensive ignorance of these topics.

INTRODUCCIÓN

Las tendencias en el desarrollo de estándares de gestión de sostenibilidad en la actividad económica y empresarial y, más recientemente, de normativas y regulaciones para el reporte e información sobre las prácticas de sostenibilidad en el desarrollo de la actividad de las organizaciones, están poniendo en un primer plano la atención a una “doble materialidad” de su actividad, considerando los resultados e impactos de los proyectos y operaciones en sus aspectos económico-financieros, pero también los relativos a sus efectos ambientales, sociales, de responsabilidad y propósito ético. Este nuevo marco plantea retos y oportunidades en el contexto y paradigma de unas relaciones distintas entre medio ambiente, economía y sociedad, donde adquiere una presencia cada vez mayor la necesidad de una orientación en las organizaciones y sus órganos directivos hacia el propósito de crear modelos de empresa responsables y sostenibles [1], así como de disponer de un capital humano y de unos recursos profesionales competentes y actualizados en estos nuevos modos de gestión empresarial [2].

El objetivo del presente trabajo es valorar, de manera aproximativa, el nivel de ajuste existente entre la nueva demanda de profesionales especialistas en los ámbitos de la gestión de la sostenibilidad y de las necesidades formativas derivadas de ello y observables, de modo objetivo, en el panorama actual de la oferta de la enseñanza reglada universitaria; asimismo, en el grado en que se expresa la necesidad socialmente percibida de este requerimiento creciente.

ANTECEDENTES

El camino hacia este nuevo paradigma de la sostenibilidad hunde sus raíces en los precedentes y fundamentos de las reflexiones iniciales en torno a las problemáticas de los impactos medioambientales y sociales de los sistemas socioeconómicos en continuo crecimiento, durante las décadas de los sesenta y setenta del pasado siglo, evaluadas en el marco del Club de Roma y en la I Cumbre de la Tierra en Estocolmo, hasta confluir en la definición y desarrollo conceptual del término “desarrollo sostenible”, en las décadas de los ochenta y noventa, con su presentación teórica dentro del Informe Brundtland sobre Nuestro Futuro Común y su difusión mediática en la II Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, celebrada en 1992. Este concepto durante las siguientes décadas comenzará a estar presente en múltiples iniciativas y programas orientados a articular acciones y estrategias operativas hacia un objetivo, aún muy genérico, de la sostenibilidad [1].

Tabla I. Antecedentes e hitos en el camino hacia el paradigma de la sostenibilidad.

1972 I Cumbre de la Tierra (Estocolmo, Suecia).
1982 Carta Mundial de la Naturaleza.
1987 Informe Brundtland "Nuestro Futuro Común".
1992 II Cumbre de la Tierra (Cumbre de Río) – Agenda 21.
1997 Protocolo de Kioto COP3, para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
2000 La Carta de la Tierra (Holanda).
2000 Cumbre del Milenio, Objetivos del Milenio (8 objetivos).
2002 III Cumbre de la Tierra (Johannesburgo, S.A.)
2007 COP 13 (Bali, Indonesia).
2010 COP 16 Fondo Verde Climático (Cancún, México).
2012 IV Cumbre de la Tierra (Río+20).
2015 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): 17 objetivos, 169 metas.
2015 Acuerdo de París. Agenda 2020 y Agenda 2030.
COP 22 a COP 28 en 2023 y siguientes

Fuente: Elaboración propia.

La propuesta de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), formulada en 2015, incorpora un marco más operativo e integrador para la promoción de acciones coordinadas y convergentes, en la búsqueda de un equilibrio entre los objetivos económicos, medioambientales, sociales y de salud y bienestar de las todas poblaciones y grupos humanos, sobre la base de los criterios de equidad y sostenibilidad (temporal, ecológica y social).

Paralelamente a estos procesos institucionales, a partir de la década de los setenta del pasado siglo las empresas y agencias multinacionales de financiación e inversión comenzaron también a poner su atención en los factores de riesgo a la inversión, asociados a los aspectos sociales, éticos y ambientales potencialmente ligados a éstas. Ello condujo a la formulación de una creciente mirada que enfocaba las estrategias corporativas y los modelos de negocio desde esta óptica ampliada. Este nuevo modelo y enfoque desde el que entender la valoración y viabilidad de los proyectos empresariales, se operativizó en la inclusión de los criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) en los análisis y valoraciones de la viabilidad y los riesgos de los proyectos

de negocio [3,4]. En torno a estos métodos de evaluación y reporte de los criterios ESG de los proyectos de negocio, inversión y actividad empresarial, durante las pasadas décadas, se han ido definiendo múltiples metodologías de reporte y valoración promovidos por parte de organizaciones internacionales especializadas (*Global Reporting Initiative* -GRI-) o en el marco de instituciones internacionales dedicadas a la valoración de riesgos financieros y la estandarización del reporte contable empresarial (IFRS, PRI, CDSB, SASB, TCFD...).

Desde ambos motores del cambio en la visión y la forma de entender las relaciones entre la economía y la empresa con la sociedad y el medioambiente, en los planos institucionales y del propio mercado, comenzó a gestarse la orientación hacia un cambio del paradigma en las relaciones economía-medioambiente-sociedad, que incorporaba nuevos conceptos a sus estrategias y políticas de empresa, como la idea de la “responsabilidad social corporativa” (RSC), su expresión particular en la “responsabilidad ambiental corporativa”, o los más recientes conceptos de “empresas con propósito”, con “función social” o “empresas social y ambientalmente responsables”. La apuesta por la incorporación de ese propósito y función social a la propia definición de la misión, visión y valores del negocio u organización, con la sostenibilidad ESG como eje vertebrador, implica (y las empresas son claramente conscientes y, de hecho, así lo valoran y cuantifican) beneficios y retornos para las compañías, como la mejora de su imagen corporativa y su posicionamiento de mercado como una marca responsable. Si bien es cierto que, inicialmente, la incorporación de estos nuevos conceptos al mundo de la empresa tuvo (y tiene aún) una fuerte resistencia a los cambios, desde las lógicas de la estricta eficacia y eficiencia de los negocios, que conduce al escepticismo y el recelo desde los equipos de dirección de la mayoría de organizaciones (normalmente conformados por gestores económicos, juristas e ingenieros, habitualmente ajenos a estos conceptos). Sin embargo, la nueva realidad social, ambiental y de los mercados nos conduce a una adhesión progresiva al nuevo modelo, desde la convicción inicial o derivada de la evidencia en la nueva forma de hacer las cosas.

Los cambios siempre suponen retos y oportunidades nuevas. Así, en la incorporación progresiva (voluntaria o incentivada) al nuevo paradigma de la gestión sostenible de las organizaciones, negocios y proyectos empresariales cabe considerar beneficios tangibles, al tiempo que implica asumir nuevos roles, actitudes y perfiles en los gestores y directores, junto a nuevas funciones, tareas y modos de hacer en los técnicos y el personal de apoyo de las empresas. Con todo ello se abre un camino al aprendizaje de nuevas maneras de gestionar y trabajar, que supondrán y exigirán un esfuerzo a las organizaciones, pero también para los agentes e instituciones sociales con responsabilidades en la formación y educación de los profesionales que han de trabajar en esta nueva realidad empresarial [5].

Esta capacidad organizacional de adaptación a los entornos cambiantes e inciertos, a los retos y riesgos ambientales y sociales actuales, a partir de la adhesión a modelos de gestión basados en la sostenibilidad ESG aportará recursos e instrumentos para el afrontamiento de riesgos y externalidades múltiples, lo que, unido a las mejoras en la reputación e imagen corporativa, como un valor adicional para la compañía, apunta hacia importantes beneficios y retornos para las compañías [6,7].

A estas ventajas en la adaptación a las tendencias globales (ambientales, económicas, sociales...) se une la necesidad de dar cumplimiento al creciente desarrollo regulatorio y normativo, que también atiende a las crecientes demandas sociales, políticas y de los propios mercados para marcar la adquisición de compromisos por parte de las compañías en materia de sostenibilidad y responsabilidad social [8]. Aunque existe un creciente marco regulatorio internacional en esta materia, centrándonos en el contexto europeo, esta creciente condición para el cambio en los modos de gestionar la actividad empresarial se ha vinculado a políticas y normas comunitarias como la primera Directiva 2014/95/EU sobre “Información no financiera y diversidad”, con su trasposición legal española en el Real Decreto 18/2017 y su actualización en el Real Decreto 11/2018 sobre Información no financiera y diversidad, que se aplicaba en este primer momento a grandes empresas y a entidades de interés público (EIP). Como continuación a esta política comunitaria, se incorporó la Directiva sobre Taxonomía de la UE, adoptada en 2020, que entró en vigor en julio de 2021. Y con un impacto mucho más relevante, la aprobación de la Directiva (UE) 2022/2464 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 14 de diciembre de 2022, sobre presentación de información sobre sostenibilidad por parte de las empresas, conocida comúnmente como CSRD, que ha comenzado a aplicarse este año 2024, e irá ampliando su alcance y ámbito de aplicación, de manera progresiva, a la práctica totalidad de modalidades de empresas y organizaciones, en el horizonte de 2024 a 2028. Su trasposición a la legislación española se encuentra actualmente en

forma de anteproyecto de ley, de inminente aprobación. De manera complementaria, y respaldando los objetivos de la CSRD, se ha aprobado la nueva Directiva (EU) 2024/ 1760 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de junio de 2024 sobre diligencia debida de las empresas en materia de sostenibilidad y por la que se modifica la Directiva (UE) 2019/1937 y el Reglamento (UE) 2023/2859 (CSDDD), que amplía el alcance de las obligaciones de reportar y cumplir con la información sobre la actividad en sostenibilidad y responsabilidad corporativa, ya no solo en el marco de las propias empresas en cuestión, sino a través de toda su cadena de valor y de suministro, en sus entidades colaboradoras, proveedores, etc, que participan de la actividad, los riesgos e impactos de la empresa.

METODOLOGÍA

El trabajo se ha basado en una metodología mixta, en la que se combina la revisión sistémica en torno al ámbito temático, tanto en sus aspectos normativos y técnicos, a través de legislación, informes y artículos científicos como mediante la consulta de los planes de estudio vigentes en las titulaciones vinculadas a las principales ramas de la sostenibilidad ESG (Economía, Administración de Empresas, Ciencias Ambientales, Biología, Geología, Geografía, Sociología, Ciencias Políticas...), en el contexto de las universidades españolas.

De manera complementaria, se ha empleado la aplicación de un cuestionario elaborado *ad hoc* y dirigido a sondear el grado de conocimiento social de estos procesos y tendencias en el campo de la gestión de la sostenibilidad, con la participación de población académica (docente y discente) y de población general (profesionales y trabajadores en diversos sectores de actividad).

PROCEDIMIENTO

El medio empleado para la aplicación del cuestionario ha sido la herramienta y plataforma en línea de Google Forms (<https://docs.google.com/forms/>), donde se generó un cuestionario de elaboración ad hoc, distribuido a través de redes sociales activas de contactos profesionales y académicos entre los siguientes perfiles objetivo:

- Profesionales, investigadores y alumnos universitarios vinculados, principalmente, a facultades del ámbito de las ciencias naturales y ambientales.
- Profesionales, gestores y directivos de empresa, a través de la plataforma de contactos profesionales LinkedIn y redes sociales de contacto personal (grupos de WhatsApp).

PROCEDIMIENTO

El medio empleado para la aplicación del cuestionario ha sido la herramienta y plataforma en línea de Google Forms (<https://docs.google.com/forms/>), donde se generó un cuestionario de elaboración ad hoc, distribuido a través de redes sociales activas de contactos profesionales y académicos entre los siguientes perfiles objetivo:

- Profesionales, investigadores y alumnos universitarios vinculados, principalmente, a facultades del ámbito de las ciencias naturales y ambientales.
- Profesionales, gestores y directivos de empresa, a través de la plataforma de contactos profesionales LinkedIn y redes sociales de contacto personal (grupos de WhatsApp).

RESULTADOS

En una revisión general de los planes de estudio de la enseñanza reglada en España (tanto en las familias y áreas de conocimiento vinculadas a la gestión y el management, como en las dedicadas a disciplinas medioambientales y científico-naturales) se observa

Repensando la Sostenibilidad: Nuevos marcos, alcances y aplicaciones

Estamos abordando una aproximación a los nuevos marcos de representación y aplicación de la sostenibilidad, como concepto e instrumento para el análisis de las nuevas realidades socioambientales, dinámicas y complejas. Con este fin, te pedimos tu colaboración realizando esta encuesta dirigida a la población general, en la que nos interesa la opinión tanto de cualquier persona, como la de especialistas y profesionales relacionados con estos ámbitos. La información recogida en este cuestionario será empleada, únicamente, con fines de investigación científica y mediante el tratamiento de datos de carácter anónimo y haciendo uso de análisis de datos agregados. Se trata de un cuestionario breve, con apenas una docena de ítems, que no te ocupará mucho tiempo. Gracias por tu participación.

rafa.antropo@gmail.com [Cambiar de cuenta](#)

No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Repensando la sostenibilidad. ¡Gracias por tu aportación!

Figura 1. Carátula de acceso y presentación del cuestionario en línea en Google Forms.

una clara desatención a estas cuestiones y las demandas sociales y formativas que suponen. Es cierto que algunas instituciones académicas y universidades se han interesado por incorporar la sostenibilidad como eje transversal para el desarrollo de sus contenidos curriculares y la actualización de temas tradicionales en las distintas disciplinas, con el innovador enfoque integrador del concepto de sostenibilidad [9]. En varios casos, se apuesta además por la utilidad de incorporar la sostenibilidad en el marco de los planes y programaciones de los estudios de grado y posgrado universitarios actuales [10, 11]. No obstante, su orientación se ha centrado, fundamentalmente, en el campo de la inclusión de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) como parte de los contenidos curriculares de sus materias y de los objetivos formativos de las carreras universitarias [12-14]. De hecho, tan solo de manera excepcional, y hasta el momento fuera de nuestro país, se muestran las contadas propuestas que postulan y defienden la incorporación del aprendizaje e inclusión del uso de criterios ESG en las enseñanzas regladas universitarias [15, 16].

A través de la aplicación del cuestionario ad hoc, dirigido a sondear el grado de conocimiento social de las tendencias actuales en la gestión de la sostenibilidad, se observa que, en general, el nivel de conocimiento sobre estos temas y conceptos es bajo.

Tabla 2. Distribución del grado de conocimiento social de las tendencias actuales en la gestión de la sostenibilidad, según perfiles de participantes.

	N	Si ha oído hablar de los criterios de gestión de la sostenibilidad ESO	Conoce los ODS*	Conoce estándar GRI*	Conoce estándar ESRS*
Estudiante (vinculado a temas científicos y/o medioambientales)	18	0%	89%	0%	0%
Estudiante (en otras áreas)	9	11%	89%	11%	11%
Profesor-investigador académico (vinculado temas científicos y/o medioambientales)	18	50%	100%	22%	17%
Profesor-investigador académico (en otras áreas)	7	29%	86%	0%	0%
Profesional técnico (vinculado a temas científicos y/o medioambientales)	16	69%	100%	44%	44%
Profesional técnico (en otras áreas)	25	52%	80%	16%	20%
Otras actividades	9	11%	11%	11%	0%

* Responden: "Si" o "Si el término, aunque no el contenido".



Figura 2. Porcentaje de conocimiento expresado por los participantes sobre los criterios de gestión y evaluación de la sostenibilidad ESG.

Entre estos datos destaca, en particular, el amplio (y preocupante) nivel de desconocimiento en torno a estos temas entre los estudiantes participantes en la encuesta. Y, especialmente, en el segmento de los estudiantes de carreras vinculadas a temas científicos y medioambientales.

El porcentaje de personas participantes que responden afirmativamente haber oído hablar de los criterios de sostenibilidad ESG estaría en torno a una tercera parte (36%). Sin embargo, en la siguiente pregunta relativa al significado de las siglas, tan sólo aproximadamente la mitad de éstos responde a la pregunta y lo hace correctamente.

El patrón de la respuesta de los participantes muestra que, si bien la mayoría (en torno al 75%) conocen o han oído hablar de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible), de

manera general, las participantes consultados no conocen otros estándares de referencia en la gestión y evaluación de la sostenibilidad, como los estándares internacionales del Pacto Mundial de la ONU, los de *Global Reporting Initiative* (GRI) o los *European Sustainability Reporting Standards* (ESRS) del organismo europeo EFRAG, encargado de los desarrollos técnicos de estas metodologías e instrumentos en la Unión Europea.

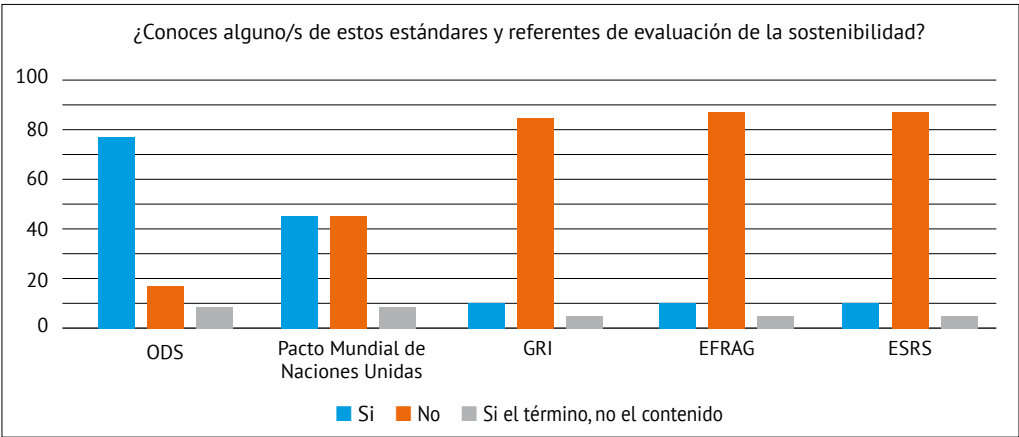


Figura 3. Distribución del grado de conocimiento entre los participantes respecto de los principales estándares de evaluación de la sostenibilidad.



Figura 4. Porcentaje de conocimiento expresado por los participantes sobre las nuevas directivas europeas de gestión de la sostenibilidad ESG.

Sobre la pregunta a si conocen las nuevas directivas europeas que están surgiendo en materia de regulación, dentro de los Estados de la Unión Europea, para la gestión de la sostenibilidad, la práctica totalidad de los participantes o no han oído hablar de ellas o lo han hecho, pero desconocen sus contenidos, objetivos y prescripciones.

PROPUESTA Y LÍNEAS DE CONTINUIDAD

Teniendo en cuenta los resultados observados, tanto en la revisión documental y de los programas académicos reglados como en la respuesta al cuestionario, que muestran la prácticamente nula presencia de estos temas en el contenido de los planes de enseñanza universitaria y el amplio desconocimiento de estos temas en las personas encuestadas (especialmente preocupante entre los participantes estudiantes y docentes

universitarios), parece relevante y útil la formulación y propuesta de esquemas didácticos de materiales y contenidos a incluir como formaciones básicas en estas materias, dentro de distintos planes de enseñanzas de grado y posgrado universitario. A modo de propuesta para una aproximación a los conocimientos y metodologías básicas en la gestión y evaluación de la sostenibilidad ESG, se ha de iniciar la formulación de didácticas y programaciones que permitan comenzar a conocer y manejar; en términos generales, contenidos, metodologías y herramientas básicas para el análisis, evaluación, gestión y reporte de la sostenibilidad ESG en el contexto de la actividad de empresas y organizaciones.

Tabla 3. Propuesta general de contenidos, metodologías y herramientas básicas para la incorporación de formación de introducción a la sostenibilidad ESG, dentro de las enseñanzas regladas universitarias.

Contenidos y marcos conceptuales	Marcos prácticos y de aplicación	Instrumentos y herramientas
Cambio climático: factores y medidas de contención Gestión de recursos / Eficiencia energética Economía circular Ecología / Estudio de ecosistema / Biodiversidad Ingeniería Ambiental / Evaluación Ambiental	Metodologías ESG ODS Pacto Mundial	Métricas y KPIs Huella de Carbono
Bienestar y salud en el trabajo y las organizaciones Epidemiología laboral y social Gestión de personas Demografía de las organizaciones Demografía y Estadística social Impacto social / Procesos de Desarrollo Social	Marcos de análisis TCFD CDP OECD/IFC	Análisis de datos; energéticos, ambientales, sociales, organizacionales y económicos. RDI Social -SROI-
Buen Gobierno y Ética Empresarial Diligencia debida y Derechos Humanos Responsabilidad Corporativa: RSC y RSE	Estándares de reporte CSRD / ESRS / EFRAG GRI () ISSB / IASB OECD/IFC	Cálculos de monetización, correspondencias y equivalencias

La necesidad de que los planes de estudios en las enseñanzas regladas incorporen contenidos que atiendan las demandas surgidas en el paradigma de los nuevos modelos de gestión responsable y sostenible impone la incorporación de contenidos para la formación en competencias y destrezas ajustadas para el desarrollo de perfiles profesionales adaptados a las demandas de los actuales contextos sociales, políticos, regulatorios y empresariales en materia de la gestión de la sostenibilidad empresarial.

DISCUSIÓN

Junto a los retos que hemos visto que supone el camino de adaptación a los requerimientos regulatorios y del mercado en la adhesión al nuevo paradigma de la gestión sostenible de la actividad de empresas y organizaciones (aprendizajes, nuevos modos de hacer y gestionar, nuevos perfiles profesionales...), también hay que poner en valor que la situación y este contexto emergente, además de un reto en la transformación de los modos de gestionar las organizaciones y los proyectos, en los próximos años, con esa doble mirada (económico-financiera y socio-ambiental), ofrece importantes oportunidades para nuevos perfiles profesionales con competencias interdisciplinares, capacidad para los abordajes sistémicos e integradores y conocimientos actualizados en torno a la mirada unificadora e integrada de las relaciones entre medio ambiente, economía y sociedad. Se abre así un nuevo espacio ocupacional y de oportunidades para perfiles de “empleo verde” y ligados a la gestión de la sostenibilidad [17,18]. Una parte de este espacio profesional ya ha sido asignado por parte de la EFRAG a un perfil clásico de auditores de gestión, al atribuir las funciones de seguimiento, validación y registro y supervisión de los reportes de sostenibilidad corporativa al Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas (ICAC) y a su base de auditores registrados y autorizados por la entidad. A pesar de ello, aún queda pendiente la oportunidad de consolidar el espacio de perfiles de empleo en el marco de las tareas y funciones técnicas de información, registro, análisis y reporte de información en los distintos ámbitos ligados al análisis y reporte de la sostenibilidad corporativa: registro y manejo de datos medioambientales, medida del impacto social, evaluación de la responsabilidad corporativa y de indicadores de buen gobierno.

CONCLUSIONES

En respuesta a la pregunta de partida en torno a los retos y oportunidades observables en el contexto del nuevo paradigma emergente de la gestión responsable y sostenible de las empresas y organizaciones, los resultados, datos e interpretación de la información recopilada y analizada pone de manifiesto como principales consideraciones que:

- Existen necesidades y demandas nuevas de perfiles profesionales ligados al manejo de las nuevas formas de gestión de la sostenibilidad ESG corporativa.
- No existen profesionales suficientes con el nivel de formación y competencias técnicas adaptadas a los requerimientos de esta nueva realidad y demandas sociales y del mercado.
- No existen programas de formación en estas competencias dentro del actual panorama de enseñanzas regladas universitarias de grado y posgrado en España.
- No existe suficiente conocimiento y una conciencia social clara de la necesidad.
- Empresa y universidad deberán realizar un esfuerzo por adaptarse a la nueva realidad e incorporar como prioridad formar e incorporar en sus plantillas equipos de personas adecuadamente formadas para un modelo de gestión sostenible ESG.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] TOMÁS-CARDOSO, R. (2020) El camino de las organizaciones hacia el nuevo paradigma de los Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS-. *Escuela de Negocios y Dirección Business Review*. N° Diciembre/20. <https://br.escueladenegociosydireccion.com/recomendaciones/el-camino-de-las-organizaciones-hacia-el-nuevo-paradigma-de-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-ods>
- [2] VAN DAM, K., VAN VUUREN, T., KEMPS, S. (2016) Sustainable employment: The importance of intrinsically valuable work and an age-supportive climate. *The International Journal of Human Resource Management* 20(10), 1-24.

- [3] THU THAO, T.T. (2023) ESG Trend – The History of ESG concept formation and the current trends in the goal of Business Sustainable Development. *VNU Journal of Science: Policy and Management Studies* 39(2), 56-62.
- [4] CORT, T., ESTY, D. (2020) ESG Standards: Looming challenges and pathways forward. *Organization & Environment* 33(4), 491-510.
- [5] HUGHES, A., URBAN, M.A., WÓJCIK, D. (2021) Alternative ESG Ratings: How technological innovation is reshaping sustainable investment. *Sustainability* 13, 3551.
- [6] ECCLES, R.G., LEE, L.E., STROEHLE, J.C. (2019) The social origin of ESG: An analysis of innovest and KLD. *Organization & Environment* 33(4), 575-596.
- [7] ARCHER, M. (2022) The ethics of ESG: Sustainable finance and the emergence of the market as an etical subject. *Focaal. Journal of Global and Historical Anthropology* 93, 18-31.
- [8] PANTAZÚ, T. (2024) The introduction of mandatory Corporate Sustainability Reporting in the EU and the question of enforcement. *European Business Organization Law Review* 25, 509-532.
- [9] TOMÁS-CARDOSO, R. (2019) Museo Virtual de la Ecología Humana: Una herramienta de divulgación y formación sobre la diversidad biocultural. En GONZÁLEZ, M., BARATAS, A., BRANDI, A. (eds.). *Experiencias Didácticas en el ámbito STEM*. Madrid, Editorial Santillana, pp. 491-500.
- [10] BAUTISTA, M.J., DÍAZ, M.J. (2017) La sostenibilidad en los grados universitarios: presencia y coherencia. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria* 29, 161-187.
- [11] ULLS, M.A. (2011) *Sostenibilidad y Educación Superior: La formación para la Sostenibilidad en los Nuevos Títulos de Grado*. Valsaín (Segovia), CENEAM (Centro Nacional de Educación Ambiental), pp. 1-6.
- [12] NÚÑEZ, C.M., ROBALINO, L.E., TOLEDO, D.G., SALTOS, K.C. (2024) Integración de estrategias sobre la sostenibilidad en la educación superior. *Journal of Science & Research* 9, 163-182.
- [13] IRIARTE, C. (2020) *Guía Básica para Introducir la Sostenibilidad en la Docencia Universitaria*. Madrid, Universidad Rey Juan Carlos.
- [14] PÁLSDÓTTIR, A., JÓHANNDÓTTIR, L. (2021) Key competencies for sustainability in University of Iceland curriculum. *Sustainability* 13, 8945.
- [15] BOZIC, V. (2024) *Integrating Environmental, Social and Governance (ESG) framework in Education*. Communication Poster, Croatia 2024.
- [16] ODIUTSOVA, T. (2024) ESG competences and skills in lifelong education for sustainability. En VV.AA. *Environment, Technology, Resources Vol II*, Latvia. pp. 453-459.
- [17] RUTKOWSKA, M., SULICH, A., SZCYGIEL, N. (2016) Green Jobs. En VV.AA. *International Conference on European Integration 2016*. Ostrava, Czech Republic, pp. 1-8.
- [18] LARREA-BASTERRA, M., FERNÁNDEZ-GÓMEZ, J. (2023) Empleo verde: Análisis del concepto y situación en la Comunidad Autónoma del País Vasco. *Oñati Socio-Legal Series* 13, 1926–1954.

¿CÓMO REPRESENTAN LOS ESTUDIANTES DE ESO LAS FORMAS DE DISPERSIÓN DE LAS SEMILLAS? EL DIBUJO LIBRE PARA DETECTAR IDEAS ALTERNATIVAS Y EVALUAR CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

Miguel Yubero Martínez¹, Omid Fesharaki¹, Alejandra García Frank²

¹ Unidad Docente de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España). miyubero@ucm.es / omidfesh@ucm.es

² Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España). agfrank@geo.ucm.es

Palabras clave: semilla; dibujo libre; ideas alternativas; conocimiento científico; reproducción en plantas.

Keywords: seed; free drawing; alternative ideas; scientific knowledge; reproduction in plants.

Resumen

La realización de dibujos libres es una forma complementaria de analizar los conocimientos del alumnado sobre un determinado aspecto científico. Esta ha sido la metodología que se ha seguido para evaluar los conocimientos del alumnado de primero y segundo de ESO sobre las formas de dispersión de las semillas con motivo de la Semana de la Ciencia y la Innovación 2023 de Madrid. Los resultados obtenidos son variados, aunque todos ellos enfatizan el transporte de la semilla y la representación de elementos próximos a la realidad del alumnado, siendo genérico el dibujo de la semilla y la planta. El recurso educativo resultó válido para detectar algunas ideas alternativas como que las semillas salen de las raíces.

Abstract

Making free drawings is a complementary way of analyzing students' knowledge about a certain scientific aspect. This has been the methodology followed to evaluate the knowledge of first- and second-year ESO students about the ways seeds are dispersed, on the occasion of Science and Innovation Week 2023 in Madrid. The results obtained are varied, although all of them emphasize the transport of the seed and the representation of elements close to the students' reality, with the drawing of the seed and the plant being generic. The educational resource was valid to detect some alternative ideas such as that the seeds come out of the roots.

1. INTRODUCCIÓN A LA EXPERIENCIA EDUCATIVA

La experiencia educativa presentada en este trabajo se basa en un contexto determinado y unos objetivos que se abordan a continuación.

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN

La experiencia educativa tiene su origen en la Semana de la Ciencia y la Innovación 2023 de Madrid. A consecuencia de este acontecimiento, el proyecto de innovación docente "Geodivulgar: Geología y Sociedad" decide contribuir con una experiencia educativa sobre anatomía comparada y evolución destinada a 24 estudiantes de los que 10 eran de primero y 14 de segundo de Educación Secundaria Obligatoria (ESO). Concretamente, se plantea un taller dividido en tres secciones: vertebrados, invertebrados y plantas (figura 1).



Figura 1. Detalle de algunas de las actividades realizadas: (a) sobre vertebrados, (b) sobre invertebrados y (c) sobre plantas.

En cada una de las secciones mencionadas anteriormente, el alumnado realizó diversas actividades que involucraban habilidades científicas tales como la observación de muestras científicas, la comparación anatómica de restos de fósiles, el razonamiento de procesos evolutivos, la formulación de hipótesis, la elaboración de líneas temporales o la clasificación de seres vivos. Este planteamiento se aleja de una instrucción meramente teórica y promueve el desarrollo de las habilidades científicas, puesto que su aprendizaje en las primeras etapas educativas es fundamental para alcanzar niveles cada vez más complejos del pensamiento científico [1], dotando así al alumnado de valores y concepciones racionales ante el medio ambiente y los problemas e interrogantes de su vida cotidiana [2].

1.2 OBJETIVOS DE LA EXPERIENCIA EDUCATIVA

La experiencia educativa se compone de tres objetivos fundamentales:

- Investigar si el dibujo libre es útil para detectar ideas alternativas.
- Evaluar el conocimiento científico sobre plantas previamente impartido al alumnado a través del dibujo libre.
- Observar posibles diferencias entre los dos cursos de Educación Secundaria Obligatoria con los que se desarrolla la experiencia educativa.

La elección del dibujo libre como metodología para realizar la actividad radica en la utilidad del dibujo en ciencias, tal y como se discute en el siguiente apartado.

2. EL DIBUJO LIBRE EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

El ser humano ha empleado el dibujo desde la prehistoria (pinturas rupestres) para satisfacer su necesidad de describir y comprender el mundo en el que vive [3]. De hecho, el surgimiento y desarrollo de las ciencias naturales no hubiera sido posible únicamente mediante la verbalización, pues las producciones gráficas fueron clave para explicar las construcciones científicas que se iban sucediendo [3]. No en vano, todas las expediciones científicas de los siglos XVII y XVIII contaban con dibujantes expertos que representaban las realidades encontradas [4].

Tal y como explica el icónico biólogo español Sabater Pi [4], la utilización del dibujo fue la principal o única vía de representar contenidos científicos durante años, e incluso con el surgimiento de la fotografía y la infografía, el dibujo sigue siendo imprescindible dado que la ciencia no es solo rigor, sino también producto humano, selección de elementos significativos y exclusión de los que no lo son, imaginación y estética.

En base al vínculo existente entre el dibujo y la construcción de las ciencias naturales, se advierte que la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias no pueden realizarse al margen de este recurso comunicativo [3]. Efectivamente, el lenguaje visual no puede ser relegado a un segundo plano en el proceso de enseñanza y aprendizaje, sino que debe ser considerado tan importante como el lenguaje verbal y escrito, pues el dibujo incorpora información y descripciones a nuestra estructura cognitiva, contribuye significativamente en la construcción de conocimiento y facilita la asimilación y memorización del contenido científico [5].

Si bien el dibujo posee un gran potencial didáctico, se debe tener presente que la simple acción de dibujar no implica el desarrollo de conocimiento científico, sino que la inclusión del dibujo en la actividad ha de ser cuidadosamente diseñada [5,6]. De hecho, una mala representación gráfica puede llegar a generar errores conceptuales en el alumnado que pueden ser muy persistentes.

La actividad evaluada en este trabajo versaba sobre las adaptaciones de las plantas al medio, tal y como se explica en el siguiente apartado. Precisamente, la bibliografía educativa sostiene que el dibujo libre es especialmente útil para razonar las adaptaciones al medio, pues el alumnado debe reflexionar, justificar y representar los rasgos morfológicos y fisiológicos del ser vivo dibujado, ya sea real o imaginario [7]. De este modo, se logra que la experiencia educativa integre el dibujo de manera no forzada, pudiendo así aprovecharse de todos los beneficios de este recurso educativo.

Finalmente, resulta preciso destacar que los dibujos científicos del alumnado se pueden categorizar de acuerdo con las características que se aprecian en la representación [8-10]. Concretamente, se pueden establecer tres grandes categorías: dibujos figurativos [8], dibujos esquemáticos [8,9] y dibujos que recogen ideas alternativas [10]. Los dibujos figurativos son aquellos en los que el alumnado representa sus conocimientos científicos imitando a la realidad, de modo que es habitual la representación de elementos conocidos, presentes en su vida cotidiana o relativos a su contexto personal [8]. Los dibujos esquemáticos se caracterizan por prescindir de los detalles y centrar la atención en representar las relaciones entre los objetos [8], empleando si es necesario flechas o palabras [9]. Por último, existen dibujos donde se evidencia notoriamente la presencia de una idea alternativa. De acuerdo con experiencias previas, estos dibujos se pueden denominar simplemente como dibujos que representan ideas alternativas [10].

Una vez se ha contextualizado el dibujo en la enseñanza de las ciencias, se procede a detallar la estructura de la experiencia educativa y, posteriormente, a exponer los resultados encuadrándolos bajo las categorías anteriormente descritas.

3. ESTRUCTURA DE LA EXPERIENCIA EDUCATIVA

Si bien todas las secciones en las que se dividió el taller presentan conceptos de gran interés educativo, aquella destinada a las plantas resultó especialmente interesante en términos didácticos. Dicha sección del taller comenzó con una lluvia de ideas sobre las plantas. Para ello, el docente actuó a modo de guía realizando diversas preguntas tales como: ¿las plantas son seres vivos?, ¿hace cuántos años aparecieron las plantas? ¿son más antiguas que los animales?, ¿todas son iguales o hay diferentes tipos?, etcétera. Esta estrategia didáctica permitió a los docentes implicados averiguar los conocimientos previos del estudiantado. Dicha circunstancia es especialmente valiosa para el proceso de enseñanza y aprendizaje, pues concede al alumnado un papel activo en su propio aprendizaje y permite utilizar su conocimiento como base para los nuevos aprendizajes, dando así sentido y valor funcional al proceso [11].

Basándose en las preguntas iniciales y los conocimientos de los estudiantes, se ofrece una formación básica sobre el origen, evolución y tipología de las plantas a través de imágenes plastificadas (clasificación general y tipos de dispersión de semillas), una línea temporal y restos fósiles (figura 2). Este planteamiento didáctico posibilita la obtención de datos mediante una complejidad creciente. En efecto, se comienza con imágenes educativas (muy habitual en el currículo escolar) y posteriormente se ponen en marcha competencias manipulativas y comunicativas (menor presencia en el currículo escolar) al observar restos fósiles con lupas, compararlos y relacionarlos [12].

La sección sobre las plantas culminó con una actividad donde los estudiantes debían diseñar libremente una planta que dispersara las semillas de forma óptima ante un ecosistema diseñado para el problema de partida. Concretamente, el ecosistema que se plantea a los estudiantes es el siguiente: “Nos encontramos en una pradera con árboles dispersos que cuenta con una amplia variedad de fauna, desde grandes aves a pequeños mamíferos e invertebrados. El clima se mantiene más o menos estable a lo largo del año, por lo que no suele haber vientos y precipitaciones exageradas. No



Figura 2. Restos fósiles de plantas.

obstante, las precipitaciones son suficientes como para que en dicha pradera haya un pequeño riachuelo". Una vez terminados todos los dibujos, el alumnado debía razonar justificadamente cuál era el diseño de modo de transporte más apropiado de acuerdo con el ecosistema propuesto.

4. RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA EDUCATIVA

Del conjunto de dibujos obtenidos en la experiencia educativa se han validado un total de 23 representaciones, quedando excluidas aquellas que no presentaban ningún tipo de relación con la tarea (por ejemplo, un autorretrato). Los resultados obtenidos son variados, aunque es posible agruparlos en tres grandes categorías si se relacionan los aspectos predominantes de cada dibujo con las categorías establecidas por experiencias previas [8-10]. Las tres categorías son: dibujos figurativos en los que el alumnado dibuja elementos de su realidad [8], dibujos que representan ideas alternativas [10] y dibujos esquemáticos donde se prima el dibujo del transporte de la semilla [9] (tabla 1).

Tabla 1. Principales resultados de la experiencia educativa.

Dibujos figurativos: imitación a de la realidad del alumnado	Dibujos que representan ideas alternativas	Dibujos esquemáticos
Egocentrismo infantil.	La flor debe caerse sobre el terreno para que crezca una nueva planta.	El dibujo de la planta y la semilla es genérico.
Visión antropocéntrica de la naturaleza (ser humano transportando las semillas).	Las semillas salen de las raíces.	Se enfatiza el transporte de la semilla y el punto a alcanzar.
Representación de elementos cercanos a la realidad del alumnado (árboles comunes, ser humano, casas, insectos, aves...).	Confusión entre dispersión de las semillas y polinización.	Dibujo esquemático cuya dispersión no se ajusta al ecosistema (figura 5c).

4.1 DIBUJOS FIGURATIVOS: IMITACIÓN DE LA REALIDAD DEL ALUMNADO

Si bien cada dibujo es único y presenta sus peculiaridades, los resultados obtenidos evidencian que el alumnado suele optar por representar elementos próximos a su realidad y vida cotidiana. De este modo, son frecuentes los dibujos que contienen pequeñas aves dibujadas genéricamente (figura 3a), insectos, plantas comunes como la margarita (figura 3b) o la encina (figura 3c) y el ser humano y elementos antrópicos (figura 3d).

Asimismo, se encuentran algunos vestigios del egocentrismo infantil, pues cierto alumnado tiende a centrar su persona en la tarea por distintos medios. Por ejemplo, el alumno se limita a dibujar su planta favorita (figura 3e) o pone su nombre en el centro del dibujo cuando se había indicado que los dibujos debían ser anónimos (figura 3f).

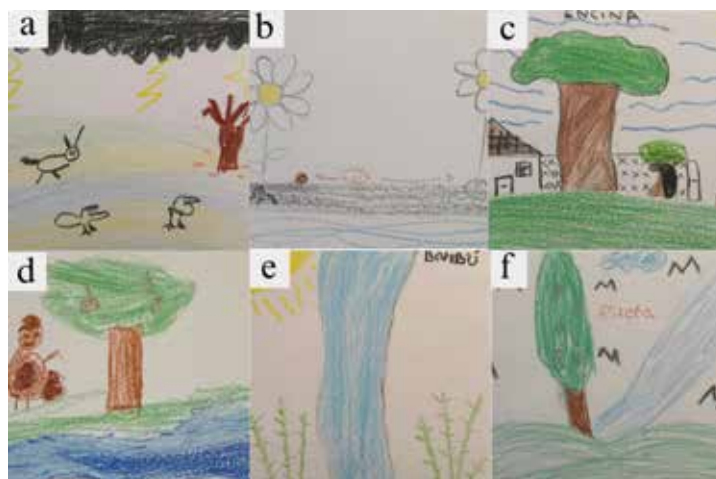


Figura 3. Representación de elementos próximos a la realidad del alumnado (a, b y c), visión antropocéntrica de la naturaleza (d) y egocentrismo infantil (e y f).

4.2 DIBUJOS QUE REPRESENTAN IDEAS ALTERNATIVAS

La experiencia educativa ha sido válida para detectar algunas ideas alternativas. Ciertos dibujos muestran que el alumnado confunde la dispersión de las semillas y la polinización, dadas las similitudes que presentan ambos procesos (figuras 4a y 4b). Asimismo, se observan dibujos que muestran cómo los estudiantes piensan que las semillas salen de las raíces de las plantas (figura 4c). Finalmente, se aprecia cómo ciertos estudiantes creen que la flor debe caer al terreno para que crezca una nueva planta (figura 4d).

4.3 DIBUJOS ESQUEMÁTICOS

Se han obtenido múltiples dibujos que, si bien representan la planta y la semilla de forma genérica, sí tienen en parte rigor científico. En efecto, el alumnado enfatiza el transporte de la semilla y el punto a alcanzar, aunque obvia las adaptaciones al medio de las semillas y las plantas (figuras 5a y 5b).

Por último, se han obtenido dibujos cuya planta y semilla están adaptados al medio y esquematizan el transporte de la semilla, pero no son válidos para el ecosistema que se había planteado. Por ejemplo, el enunciado no mencionaba que hubiera grandes vientos, sin embargo, ciertos estudiantes representan al diente de león (*Taraxacum officinale*) y su característica dispersión de las semillas por la acción del viento (anemocoria; figura 5c).

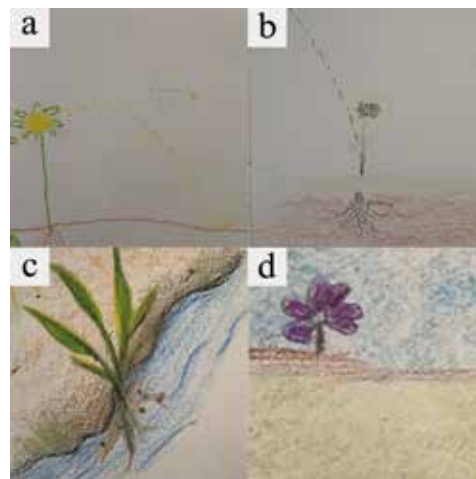


Figura 4. Ideas alternativas: (a,b) dispersión de las semillas y polinización, (c) las semillas salen de las raíces y (d) la flor debe caer al terreno.



Figura 5. Dibujos esquemáticos (a,b) y dibujo mal adaptado al medio planteado (c).

4.4 DIFERENCIAS DETECTADAS ENTRE CURSOS

Se considera oportuno señalar ciertas apreciaciones sobre las diferencias observadas entre los estudiantes de 1º y 2º ESO (9 y 14 dibujos respectivamente). De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede establecer la diferenciación mostrada en la **tabla 2**.

Tabla 2. Principales resultados de la experiencia educativa.

1º ESO	2º ESO
Menor madurez y rigor científico (figuras 3a, 3e, 3f, 4a y 4d).	Mayor madurez y rigor científico (figuras 5a y 5b).
Egocentrismo infantil (figura 3f).	Dibujos más complejos y precisos (figuras 3b y 5a).
Dibujos artísticos, pero sin el contenido científico (figura 3e).	Dibujos con contenido científico más o menos correcto (figuras 3c, 3d y 5b).
Incluir animales y agua, tal y como dice el enunciado figura 3a).	Enfatizar el transporte de la semilla ya sea por un medio u otro (figuras 3b, 3c, 3d, 5a y 5b).
Los elementos del dibujo no siempre tienen una función (figuras 3a y 3f).	Los elementos del dibujo tienen una función y están relacionados entre sí (figura 5a).
No han estudiado el contenido anteriormente.	Sí han estudiado el contenido anteriormente.

La diferencia entre el alumnado en nuestra experiencia particular es notable; mientras que los estudiantes de 1º ESO realizan dibujos muy artísticos pero con poco contenido científico, los estudiantes de 2º se desprecupan por la estética y centran su interés en representar de manera precisa y gráfica el recorrido de la semilla y su medio de transporte. No obstante, ambos grupos han mostrado gran interés hacia la tarea.

5. DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS DEL USO DEL DIBUJO LIBRE

La experiencia educativa ha puesto de manifiesto diversas ventajas y ciertas particularidades del uso del dibujo libre en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Algunas de ellas coinciden con investigaciones y permiten la corroboración de los resultados y observaciones obtenidas. A continuación, se presentan los hechos más significativos.

El dibujo es un recurso educativo barato y fácil de implementar, por lo que puede ser empleado por cualquier centro educativo con independencia de sus características socioculturales. Asimismo, se ha corroborado la capacidad del dibujo para captar la atención del alumnado y aumentar su motivación hacia el contenido [5,13]. En estrecha relación con un mayor interés del alumnado por la actividad, se ha evidenciado que el dibujo puede favorecer igualmente la interacción entre los estudiantes y su participación en la sesión [13].

El empleo del dibujo libre en la actividad posibilitó la representación y comunicación de ideas [14]. Este hecho no solo permitió revisar y recordar la formación básica ofrecida anteriormente [14], sino que fomentó la creatividad y el sentido estético, la autonomía del alumnado, la reflexión, el razonamiento y la capacidad de argumentar [5,7]. En relación con este último aspecto, ciertos estudios han evidenciado el potencial del dibujo para la investigación conjunta profesorado/alumnado y el análisis crítico de las representaciones de fenómenos científicos en la prensa [15].

La realización de dibujos libres fue una forma complementaria de analizar los conocimientos del alumnado sobre un determinado aspecto científico [5,6]. En este sentido, se puede evidenciar una falta de conocimientos sobre la reproducción en plantas debido a la tendencia de los estudiantes a poseer una visión antropocéntrica de la naturaleza [16] y a la comparación con la reproducción sexual en animales [17]. Asimismo, el recurso educativo resultó muy válido para detectar algunos errores conceptuales e ideas alternativas [5]. El estudio ha puesto de manifiesto que los estudiantes pueden llegar a confundir la dispersión de las semillas con la polinización dadas las similitudes de ambos procesos. Igualmente, se aprecia que cierto alumnado desconoce el origen de las semillas y la verdadera función de las flores en la reproducción de las plantas. Este último aspecto parece deberse a las concepciones idealizadas, estéticas y tipificadas de las flores que presenta el alumnado [16].

Tal y como se puede apreciar, las ventajas del dibujo son múltiples y afectan a todas las fases del proceso de enseñanza y aprendizaje: adecuación de la enseñanza a las características socioculturales del centro y el alumnado, detección de ideas previas, complemento y refuerzo del contenido enseñado, desarrollo de contenidos y habilidades transversales y, finalmente, evaluación del conocimiento científico. De este modo, se trata de un recurso enormemente versátil y provechoso en la práctica educativa.

Finalmente, los resultados arrojan algunas diferencias entre el alumnado de 1º y 2º de ESO. Si bien ambos grupos han mostrado una gran motivación e interés hacia la actividad, la precisión científica ha sido notablemente distinta. Efectivamente, los estudiantes de 1º ESO realizan dibujos muy estéticos pero con escaso contenido científico. Por el contrario, los estudiantes de 2º ESO centran su interés en representar gráficamente el transporte de la semilla y se desprecupan por el sentido artístico de los elementos del dibujo.

6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo ha resaltado la importancia del dibujo en el desarrollo científico y, por ende, la necesidad de que la enseñanza y aprendizaje de dicha disciplina no obvie este recurso educativo. En efecto, el dibujo libre es un recurso didáctico ameno, motivador y dinámico que potencia la reflexión, la autonomía, la interacción y la creatividad. Asimismo, se ha comprobado que el dibujo libre es especialmente útil para evaluar los conocimientos científicos y detectar ideas alternativas y errores conceptuales. En el caso de esta experiencia educativa, las ideas alternativas detectadas han sido: confusión entre polinización y dispersión de las semillas, idea de que las semillas salen de las raíces de las plantas y creencia de que la flor debe caer al terreno para que crezca una nueva planta.

El alumnado ha mostrado gran iniciativa e interés por la realización de la actividad con independencia del curso al que pertenecía (1º y 2º de ESO). No obstante, se han observado algunas diferencias entre ellos. Mientras que el alumnado de 1º de ESO centraba sus esfuerzos en la estética del dibujo en detrimento del contenido científico, los estudiantes de 2º de ESO dieron mayor énfasis al modo de transporte de la semilla. En cualquier caso, en ambos grupos se han registrado dibujos con ideas alternativas y una visión antropocéntrica de la naturaleza.

A raíz de este estudio, se propone comprobar si los estudiantes expresan sus errores tanto en cuestiones de respuesta escrita como al dibujar. Asimismo, resulta preciso analizar si dichos errores se detectan mejor mediante el dibujo o la escritura. Finalmente, se estima oportuno volver a realizar la experiencia educativa en otras fechas en lugar del comienzo de curso, pues este hecho posibilitará que un futuro grupo de 1º ESO haya estudiado el contenido. Este hecho permitiría analizar la curva del olvido y la importancia de seguir impartiendo ciencias naturales en el 2º curso de la ESO.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por la Fundación madri+d y por el proyecto Geodivulgar: Geología y Sociedad, INNOVA-DOCENCIA n°58 2023/2024 (<https://www.ucm.es/geodivulgar/>).

Se quiere agradecer a “Colegio San Francisco” (28048) y a Anabel Oliva y Laura Herrero (monitoras) su participación en el taller. Igualmente, se agradecen enormemente las sugerencias del revisor anónimo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DI MAURO, M.F., FURMAN, M., BRAVO, B. (2015) Las habilidades científicas en la escuela primaria: un estudio del nivel de desempeño en niños de 4to año. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias* 10, 1-10.
- [2] GUTIÉRREZ, S.C., BALDERAS, E.R., PARRA, A.V. (2014) La adquisición de habilidades científicas en niños de segundo grado de primaria a través del programa enseñanza vivencial de las ciencias. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM* 24, 25-50.
- [3] GRILLI SILVA, J., LAXAGUE, M., BARBOZA, L. (2015) Dibujo, fotografía y biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 1, 91-108
- [4] SABATER i Pi, J. (1997) Dibujo y ciencias naturales. *Quark: Ciencia, medicina, comunicación y cultura* 9, 21-24.
- [5] GÓMEZ LLOMBART, V., GAVIDIA CATALÁN, V. (2015) Describir y dibujar en ciencias. La importancia del dibujo en las representaciones mentales del alumnado. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12, 441-455.
- [6] LERNER, N. (2007) Drawing to learn science: legacies of Agassiz. *Journal of Technical Writing and Communication*, 37, 379-394.
- [7] GARCÍA-BARROS, S., SILVEIRA, M.J.F., RIVADULLA-LÓPEZ, J.C., VÁZQUEZ-BEN, L. (2021) La adaptación de los animales al medio. Qué aspectos consideran los estudiantes de Primaria y Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18, 3106-01.
- [8] MATUS, L., BENARROCH, A., NAPPA, N. (2011) La modelización del enlace químico en libros de texto de distintos niveles educativos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10, 178-201.
- [9] RAVIOLO, A. (2015) Los dibujos esquemáticos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Novedades Educativas* 295, 66-70.
- [10] BARRAL, F.M. (1990) ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan? Concepciones de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas* 8(3), 244-250.
- [11] KOHLER HERRERA, J. (2005) Importancia de las estrategias de enseñanza y el plan curricular. *Liberabit* 11, 25-34.

- [12] URONES, C., ESCOBAR, B., VACAS, J.M. (2013) Las plantas en los libros de Conocimiento del Medio de 2º ciclo de primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10, 329-352.
- [13] AINSWORTH, S., PRAIN, V., TYTLER, R. (2011) Drawing to learn in Science. *Science* 333, 1096-1097.
- [14] MÁRQUEZ, C. (2002) Dibujar en las clases de ciencias. *Aula de innovación educativa* 117, 54-57.
- [15] PERALES, F.J., DE DIOS JIMÉNEZ, J. (2002) Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 369-386.
- [16] NICOLÁS, C., MENARGUES, A., LIMIÑANA, R., REY, A., ROSA-CINTAS, S., MARTÍNEZ-TORREGOSA, J. (2017) Análisis y detección de las concepciones espontáneas sobre reproducción en plantas para la mejora de la enseñanza en Educación Primaria. *Enseñanza de las ciencias Extra*, 1003-1008.
- [17] CABALLERO ARMENTA, M. (2008) Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 227-244.

**Enseñanzas
STEM 3.0.
Aplicaciones
docentes de
las TIC**

ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS FUNDAMENTALES PARA LA REALIZACIÓN DE ENLACES DE COMUNICACIONES A TRAVÉS DE CONSTELACIONES DE SATÉLITES DE ÓRBITA BAJA (LEO) PARA INTERNET DE LAS COSAS (IOT)

José Andrés Berzal Fernández, Julio Ramiro Bargueño, Julia J. Carrero Espinosa

Grupo de innovación docente en tutorización al alumno y nuevas metodologías TIC (GID-TUTOR-TIC). Escuela de Ingeniería de Fuenlabrada. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid (España). joseandres.berzal@urjc.es / julio.ramiro@urjc.es / julia.carrero@urjc.es

Palabras clave: enlace de comunicaciones; satélites; constelaciones LEO; diseño y análisis; IoT.

Keywords: communication link; satellites; LEO constellations; analysis and design; IoT.

Resumen

Las nuevas tecnologías tienen que ser recogidas por los estudios de ingenierías y arquitectura. El propósito de esto es doble: la capacitación a los futuros ingenieros y arquitectos para afrontar sus profesiones con éxito, conocedores de la vanguardia tecnológica, y conseguir un mayor interés e implicación por sus estudios alcanzando mejor aprovechamiento. Con este fin, en este trabajo presentamos para los estudios de ingeniería de telecomunicaciones una práctica sobre el diseño y análisis de enlaces de comunicaciones por satélites de órbita baja (LEO, *Low Earth Orbit*) y su aplicación a Internet de las Cosas (IoT, *Internet of Things*).

Abstract

New technologies must be included in engineering and architecture studies. The purpose of its inclusion is twofold: that these studies train future engineers and architects to face their professions successfully, knowing the technological advances, and to ensure that students take greater interest and involvement in their studies, achieving better use. So, in this work we present for telecommunications engineering studies a practice on the analysis and design of communications links by low orbit satellites (LEO, *Low Earth Orbit*) and their application to the Internet of Things (IoT).

INTRODUCCIÓN

Un reto principal para los profesores de las escuelas de ingeniería es el de ser capaces de enseñar y poner en práctica conocimientos y habilidades para que en el futuro sus alumnos inicien su ejercicio profesional posicionándolos lo mejor posible y siendo capaces de abordar el cambio en un entorno en constante evolución tecnológica. Conseguir este reto se traduce de forma indirecta en una mayor implicación de parte del alumnado por las asignaturas en la que se ponen en práctica la tecnología y especialmente las más novedosas o disruptivas.

En un entorno tan innovador como el de las Ingenierías en Telecomunicación y Aeroespacial, distintas circunstancias han concurrido y propiciado la erupción de las constelaciones de satélites LEO (*Low Earth Orbit*). Actualmente son una realidad en continuo crecimiento y evolución. En el caso concreto de su uso para comunicaciones, son relevantes *Starlink* y *OneWeb*, y en desarrollo el Proyecto Kuiper. Para las TIC (tecnologías de la información y las comunicaciones) esta evolución es un hecho catalizador del progreso y no pueden pasar desapercibidas en la formación de los futuros ingenieros.

OBJETIVO Y METODOLOGÍA

La incorporación de las tecnologías emergentes de comunicaciones por constelaciones de satélites LEO supone un desafío para los docentes de los grados en ingeniería relacionados con las telecomunicaciones. Ello requiere encajar estas nuevas tecnologías con los contenidos de dichos grados, teniendo que ser además motivadoras.

Los autores de este trabajo se propusieron como objetivo el crear unos contenidos innovadores sobre las comunicaciones IoT basadas en satélites LEO. El alcance se limitó a los contenidos de la asignatura Sistemas de Telecomunicación del tercer curso del Grado en Ingeniería en Sistemas de Telecomunicación, que se imparte en la Escuela de Ingeniería de Fuenlabrada (EIF) de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC).

Los conocimientos que alcanzan los alumnos a través de estos contenidos les permiten realizar los cálculos y análisis de los principales parámetros de la capa física de un enlace de comunicaciones IoT a través de una constelación de satélites LEO, incluyendo la simulación de un caso práctico a través de una herramienta informática 'ad hoc' basada en *Matlab* [9]. Este objetivo se consiguió en el curso 2023-24.

Se realizaron tres sesiones: en la primera se impartieron como clase magistral los contenidos teóricos y su correspondencia con la *Toolbox Satellite Communications* de *Matlab* [9]; en la segunda se planteó un caso práctico que los alumnos tuvieron que resolver por grupos en laboratorios docentes con la ayuda de la herramienta *Matlab* desarrollada 'ad hoc'. Finalmente, en la tercera, los alumnos fueron evaluados por grupos a través de la defensa de sus soluciones.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Los enlaces de comunicaciones de radio por satélite presentan un alto grado de complejidad, dado el gran número de factores que influyen en su caracterización física. En el caso que nos ocupa se requiere la ayuda de programas informáticos para realizar los cálculos, por su complejidad, que se incrementa al requerir series temporales de las respectivas posiciones orbitales de los satélites que participan en el enlace, distancias y velocidades.

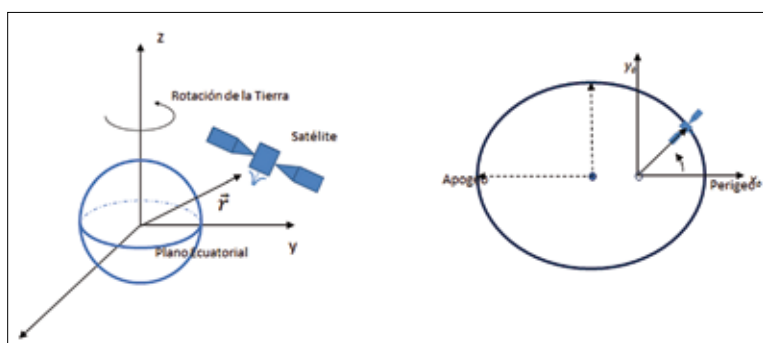
En las primeras misiones espaciales, la NASA dispuso de equipos de científicos que se dedicaban exclusivamente al cálculo orbital casi de forma manual, y se ayudaban de ordenadores de muy bajas prestaciones y de reglas de cálculo. Estas limitaciones ayudaron a desarrollar procedimientos numéricos de alta precisión que facilitaron posteriormente el desarrollo de programas informáticos.

Los satélites de comunicaciones (astro primario la tierra, geocéntricas) se clasifican atendiendo principalmente a tres factores determinados por la mecánica orbital [1-5] y necesarios para conocer su posición:

- Distancia con la Tierra: GEO (*Geostationary Orbit*, a 35786 km), MEO o ICO (*Medium Earth Orbit, Intermediate Circular Orbit*, entre 6000 y 20000 km), y LEO (*Low Earth Orbit*, entre 500 y 1500 km).
- Grado de excentricidad de la órbita: Circular (*Circular Orbit*, CO), elíptica (*Elliptic Orbit*, EO) y altamente elíptica (*Highly Elliptic Orbit*, HEO, perigeos a 1006 km y 39362 km, y sus respectivos apogeos 25231 km y 46349 km). Un parámetro adicional al tipo de excentricidad es su inclinación con respecto al plano ecuatorial de la Tierra.
- Grado de sincronismo, en unos casos referenciado a la Tierra (rotación, geosíncrona) y en otros al Sol (traslación, heliosíncrona).

El conocimiento de la posición del satélite respecto de los puntos terrenales a enlazar es crucial para mantener la conectividad; se requiere una línea de visión directa entre terminales terrestres

Figura 1. Variables que permiten plantear la ecuación diferencial de la trayectoria de un satélite referenciada a un sistema de coordenadas polares contenido en el plano de la trayectoria que simplifica su obtención. (Elaboración propia).



a enlazar y satélite por el tipo de radiofrecuencia utilizada y necesaria por su mejor propagación directa hasta el satélite (atravesar la atmósfera).

La ecuación de la trayectoria del satélite [2-4] es la relación matemática que nos permite posicionar al satélite en una órbita en función del tiempo dado y punto de partida (condiciones iniciales). Su obtención (véase **figura 1**) se realiza igualando la fuerza de atracción del satélite hacia la Tierra por la ley de gravitación universal (**ec. 1**) con la fuerza que compensa esta atracción y mantiene al satélite en órbita (**ec. 2**). Este resultado se corresponde con la ecuación diferencial de la trayectoria y su solución es una elipse, curva coplanaria, que demuestra la primera Ley de Kepler (**ec. 3**).

$$\vec{F} = -\frac{GM_T m_s}{r^3} \vec{r} \quad (\text{Ec.1})$$

$$\vec{F} = m_s \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} \quad (\text{Ec.2})$$

$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} + \frac{\vec{r}}{r^3} \mu = 0 \quad \mu = GM_T \quad (\text{Ec.3})$$

La ecuación diferencial de la trayectoria (**ec. 3**), al ser vectorial y de segundo orden, requiere para su integración de seis condiciones iniciales. Su resolución se simplifica si se utilizan coordenadas polares sobre el plano de la trayectoria (véase **figura 1**).

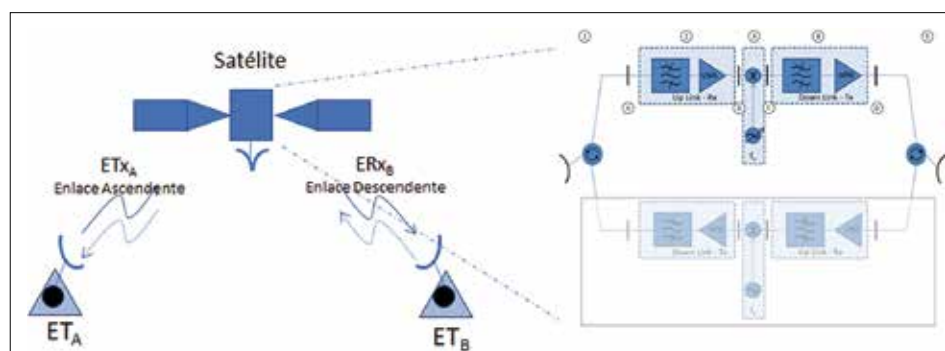


Figura 2. Bloques funcionales de un enlace de comunicaciones por satélite: Estaciones Terrenas (ETi, i = A y B), transmisora (ETxA) y receptora (ETxB), y satélite. Para el satélite de comunicaciones, detalle de bloques funcionales básicos para un segmento espectral: receptor (1 y 2) del enlace ascendente, traslación de frecuencia (3) y transmisor (4 y 5) del enlace descendente. (Elaboración propia).

Los dos principales motivos por los que se han utilizado las órbitas geoestacionarias no inclinadas y circulares [2-5] han sido por mantener su posición relativa constante respecto de los puntos terrestres a enlazar (antenas alineadas permanente, estáticas) y para poder conectar cualquier punto de la tierra por tres saltos (excluyendo los casquetes polares). Su desventaja: la gran distancia a la que se produce este fenómeno, 35786 km respecto de la superficie terrestre, lo que complica su posicionamiento en órbita (cohetes de larga distancia y alta capacidad de carga) y la electrónica del satélite: complejidad (lo que incrementa la carga), alta capacidad de detección (necesaria muy baja sensibilidad) e incluso frente a señales espurias que se añaden a la señal durante su trayecto; mínimo ruido a aportar por el satélite a la señal durante su tránsito (muy bajo ruido interno, aislamiento), y máxima potencia en la retransmisión de la señal (alto consumo de energía) para que llegue al otro terminal en condiciones para su detección.

Por lo ya descrito, es fácil llegar a los principales bloques funcionales de un enlace de comunicaciones por satélite [2-5] (véanse **figuras 1 y 2**):

- Estación Terrena Transmisora (ETx) que genera la señal (analógica o digital) a transmitir con la información. Los parámetros básicos para este enlace, denominado ascendente, son su posición, modulación y ancho de banda requerido, frecuencia de portadora para enlazar con el satélite, potencia de transmisión y ganancia de antena.
- Satélite: recibe la portadora a la frecuencia emitida por la ETx, amplifica para poder realizar el cambio de frecuencia de portadora, manteniendo la información del mensaje, y finalmente amplifica la portadora para su transmisión.

- Estación Terrena Receptora (ERx) que recibe la señal transmitida por el satélite con la información. Los parámetros básicos para este enlace, denominado descendente, son su posición, modulación y ancho de banda (determinada por la ETx), frecuencia de portadora para enlazar con el satélite, PIRE (potencia isotrópica radiada equivalente) del satélite para el emplazamiento de la ERx y relación G/T del receptor terreno.

El enlace puede ser dúplex (se mantiene de forma simultánea la capacidad de transmisión y recepción por los terminales), semidúplex (los terminales pueden transmitir y recibir, pero no de forma simultánea), o distribución (*broadcast*, cuando un terminal únicamente transmite y el resto únicamente pueden recibir la portadora). Para el satélite, los modos dúplex y semidúplex son prácticamente equivalentes, requieren que el satélite disponga para cada ETx de capacidad de recepción y transmisión simultánea, pero en distribución se requiere únicamente capacidad de transmisión para un enlace (ascendente) y para el otro u otros de recepción (descendente). El modo semidúplex puede ser optimizado para el satélite en función de los protocolos de acceso de los terminales.

La ecuación que define la potencia recibida en un enlace de comunicaciones en función de la potencia transmitida determina el balance de potencias [6], y es función en primera aproximación, además de la potencia recibida, de la ganancia de antena transmisora, pérdidas del medio, ganancia de antena receptora, y puede añadirse un margen por las condiciones no predecibles como las climatológicas si tuvieran un impacto significativo. Usualmente se formula en unidades logarítmicas: potencias en dBW para vatios o dBm para milivatios; ganancias, pérdidas y margen de potencia (adimensionales) en dB. El balance de potencias en el caso de un enlace por satélites [2-6] lo forman un enlace entre la ETx y el satélite, denominado ascendente, y otro descendente, entre el satélite y la ERx. Las ecuaciones 4 y 5 formulan el balance de potencia para un enlace por satélite, siendo S_{ETx} (dBW) la potencia transmitida por ETx, S_a (dBW) la potencia recibida por el satélite, S_{Sat} (dBW) la potencia transmitida por el satélite, S_d (dBW) la potencia recibida por la ERx, G_{iTx} (dB) ganancia de antena transmisora ($i = E$ para estación y Sat para satélite), y G_{iRx} (dB) ganancia de antena receptora ($i = E$ para estación y Sat para satélite). Para las pérdidas de propagación, L_{pi} (dB) ($i = a$ para el enlace ascendente y d para el enlace descendente) utilizamos las del espacio libre, función de la distancia del enlace respectiva (d_i) y su frecuencia (f_i). La potencia transmitida más la ganancia de antena define la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE).

$$S_a(dBW) = S_{ETx} + G_{ETx} - L_{pa} + G_{SatRx} = PIRE_{ETx} - L_{pa} + G_{SatRx} \quad (Ec.4)$$

$$S_d(dBW) = S_{Sat} + G_{SatTx} - L_{pd} + G_{ERx} = PIRE_{SatTx} - L_{pd} + G_{ERx} \quad (Ec.5)$$

$$L_{pi}(dB) = 32,44 + 20 \log \log d_i (km) + 20 \log \log f_i (MHz) \quad (Ec.6)$$

El ruido de origen térmico se localiza a la entrada de cada receptor [2-6] y nos permite cuantificar su potencia, n_i (W), por el producto de la constante de Boltzman, k (J K⁻¹), temperatura equivalente de ruido del receptor (parámetro técnico y relacionado con el factor de ruido), T_e (K), y ancho de banda de la portadora AB (Hz):

$$n_i = kT_e AB \quad (Ec.7)$$

Fórmula válida para temperaturas equivalentes de ruido superiores a los 100 K y anchos de banda menores a los 100 GHz. La exposición directa del satélite hacia el Sol puede suponer una fuente de ruido con una temperatura equivalente que oscila entre los 6000 y 10000 K especialmente para la antena de la ERx.

Con todos los parámetros definidos anteriormente para la ETx, Satélite y ERx, se puede calcular, en una primera aproximación, la relación entre la potencia y ruido de señal de los enlaces ascendente y descendente:

$$\frac{S}{N}|_a(dB) = PIRE_{ETx} - L_{pa} + 10 \log \log \frac{G_{SatRx}}{T_{eSatRx}} - 10 \log \log kAB \quad (Ec.8)$$

$$\frac{S}{N}|_d(dB) = PIRE_{SatTx} - L_{pd} + 10 \log \log \frac{G_{ERx}}{T_{eERx}} - 10 \log \log kAB \quad (Ec.9)$$

Para el caso más pesimista, funcionalidades mínimas por parte del satélite, amplifica exclusivamente, el ruido del receptor del satélite se suma a la señal, y cuando es recibido los ERx incorporan el ruido de su receptor; luego la relación señal/ruido total en unidades naturales [5]:

$$\left(\frac{s}{n}\right|_r)^{-1} = \left(\frac{s}{n}\right|_a)^{-1} + \left(\frac{s}{n}\right|_d)^{-1} \quad (\text{Ec.10})$$

El tipo de modulación seleccionado para el enlace determina el ancho de banda de la portadora, así como la relación existente, en el caso digital, entre la $S/N|_r$ y la probabilidad de error de bit (BER, *Bit Error Ratio*).

El planteamiento desarrollado para obtener el balance de potencias de los enlaces ascendente y descendente (ec. 4 y 5), relación señal a ruido total (ec. 10) y BER, para un caso de satélites GEO, se puede realizar aplicando directamente las fórmulas presentadas. En el caso de satélites MEO y LEO en los que disminuye la distancia con la tierra, esto se complica notablemente, pues para mantener la posición orbital el satélite tiene que aumentar la velocidad de traslación (compensar fuerzas de atracción y repulsión) y por tanto también aumenta su velocidad angular, siendo esta última ya superior a la velocidad de giro de la Tierra. La posición relativa del satélite entonces ya no es estática respecto a los emplazamientos terrestres.

A menor distancia, mayor será el cociente entre la velocidad angular del satélite y la de la Tierra, y su efecto para la ETx y la ERx es que el satélite aparece por el horizonte acercándose al emplazamiento terrestre, alcanza su distancia mínima, y posteriormente se aleja hasta que desaparece por el lado opuesto por el que apareció, todo ello a velocidades relativas para la ETx y ERx no constantes.

Además, las distancias entre el satélite y los emplazamientos terrestres ya no son constantes, sino que varían con el tiempo. El balance de potencias de los enlaces ascendente y descendente (**ec. 4 y 5**), $S/N|_r$ (**ec. 10**) y BER también varían con el tiempo.

Todo esto tiene principalmente dos efectos para los enlaces por satélites MEO y LEO, pero se hacen mucho más significativos en los satélites LEO objeto de este trabajo [2-6]:

- El satélite ya no está disponible de forma permanente; las estaciones terrenas tienen acceso únicamente durante un intervalo y ello ocurre varias veces al día. Para aumentar la disponibilidad hay que utilizar más satélites, entre 60 y 90 satélites para disponibilidad total, y distribuirlos en la misma órbita e incluso en órbitas adyacentes, lo que se conoce como constelación de satélites.
- La frecuencia de portadora (f_c) para los receptores ya no es constante, varía por el efecto Doppler (**Ec. 11**). El satélite receptor y ERx perciben movimiento de sus transmisores, ETx y satélite transmisor, y dicho movimiento no es uniforme. Para el cálculo de la variación de la frecuencia de las portadoras se requiere del conocimiento de la componente de velocidad relativa sobre la proyección de la línea que une el transmisor con el receptor (Δv), siendo este incremento positivo en acercamiento y negativo en alejamiento.

$$\Delta f_c = \frac{\Delta v}{c} f_c \quad (\text{Ec.11})$$

Por otro lado, la gran ventaja de los satélites LEO es la distancia con la Tierra, y ello se traduce en [2-6]:

- Menor potencia para conseguir una misma $S/N|_r$, respecto de órbitas de distancias mayor. Esto se debe a que las pérdidas de propagación son mucho menores (proporcionales al cuadrado de la distancia, expresión logarítmica, ec. 4).
- Menor latencia o tiempo de propagación de la señal, proporcional a la distancia.
- Escudo por los cinturones de Van Allen (interno entre 2000 y 6000 km y externo entre 15000 y 30000 km) que evitan parte de la radiación solar.
- Menor coste en su puesta en órbita, por distancia y por peso (no requieren de un alto nivel de protección y aislamiento, equipos más simples).

Las causas principales que perturban los enlaces por satélite son las alteraciones orbitales de los satélites por otras fuerzas gravitatorias (Sol y Luna), radiación solar; fricción con la atmósfera para los LEO, gravitación irregular (densidad y geometría de la Tierra) y anillos de Van Allen. Estas perturbaciones condicionan el tiempo de vida de los satélites al requerir protecciones, sistemas de control y correctores de órbita. Además, para su

funcionamiento se necesita de una fuente de energía, elemento escaso y racionado en el satélite, pese a que en algunos casos incorporan paneles solares para la producción y carga de energía eléctrica.

PARTE EXPERIMENTAL

El desarrollo de un caso práctico de enlace de comunicaciones vía satélite considerando lo descrito en el apartado anterior en el caso de órbita GEO es complicado. En el caso de órbita LEO la complejidad aumenta. Si en lugar de analizar el enlace de comunicaciones entre la ETx y ERx por un satélite, es por una constelación de satélites para aumentar la disponibilidad, la complejidad es tal que incluso con herramientas 'ad hoc' los tiempos de respuesta son muy elevados.

La práctica objeto del presente trabajo consiste en la realización de los cálculos y su análisis, que se corresponden con los principales parámetros de la capa física de un enlace de comunicaciones vía satélites LEO perteneciente a una red IoT, como ya se ha indicado anteriormente. La práctica consta de tres partes: estudio y comprensión de contenidos teóricos, correspondencia de dichos contenidos teóricos con la *Toolbox Satellite Communications de Matlab* [9], y caso práctico con la ayuda de la herramienta *Matlab* desarrollada 'ad hoc' por los autores de este trabajo, que incluye el realizar su simulación, dar lectura y análisis de los datos obtenidos, y hacer propuestas de mejora.



Figura 3. Fases que se siguen con la práctica y se asemejan a las del ejercicio de la profesión de ingeniero. (Elaboración propia).

Los alumnos disponen de todo el material para realizar la práctica a través del Aula Virtual: documento de la práctica con el enunciado del caso práctico, cuestiones a resolver e información complementaria (formulario, bibliografía, etc.); código fuente de la herramienta *Matlab* y ficheros '.tle' que definen los parámetros básicos orbitales de los satélites a utilizar. Las fases de la práctica se asemejan a las que se siguen en el ejercicio de la profesión. Incluso es factible realizar varias iteraciones en ciclos adicionales para verificar posibles cambios de mejora (véase **figura 3**).

En el enunciado del caso práctico se facilita información sobre las estaciones terrenas, una ubicada en Fuenlabrada (campus de la URJC, EIF), nodo central de la red IoT para telemetría, y la otra en el Pico Aneto (Huesca). Los satélites LEO son *Starlink 1* y *Starlink 2*. La señal portadora responde a la modulación LoRa (*Long Range*), adecuada para enlaces por satélite y telemetría [7,8]. También se facilitan las frecuencias de las portadoras, enlace ascendente y descendente, características de los transmisores (*PIRE*) y los receptores (*G/T*), y BER máxima tolerada. Así mismo se facilita fecha de inicio de la simulación y duración de la simulación u observación.

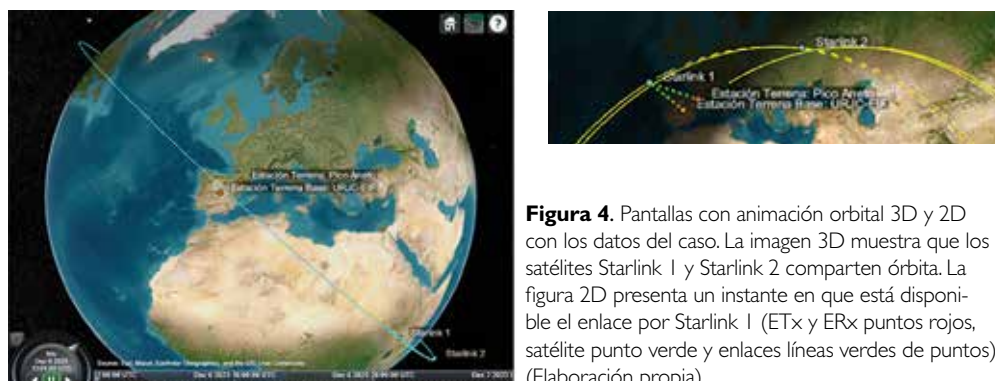


Figura 4. Pantallas con animación orbital 3D y 2D con los datos del caso. La imagen 3D muestra que los satélites *Starlink 1* y *Starlink 2* comparten órbita. La figura 2D presenta un instante en que está disponible el enlace por *Starlink 1* (ETx y ERx puntos rojos, satélite punto verde y enlaces líneas verdes de puntos). (Elaboración propia).

Una vez configurada la herramienta *Matlab* con los datos de entrada propuestos para el caso se obtienen las pantallas con la animación orbital 3D y 2D (**figura 4**) y en paralelo se realizan los cálculos del caso, y se presentan como gráficas: disponibilidad (visibilidad del satélite concurrente por ETx y ERx); distancias; velocidades; latencia; desplazamiento Doppler de portadoras y su variación temporal; etc. (**figura 5**).

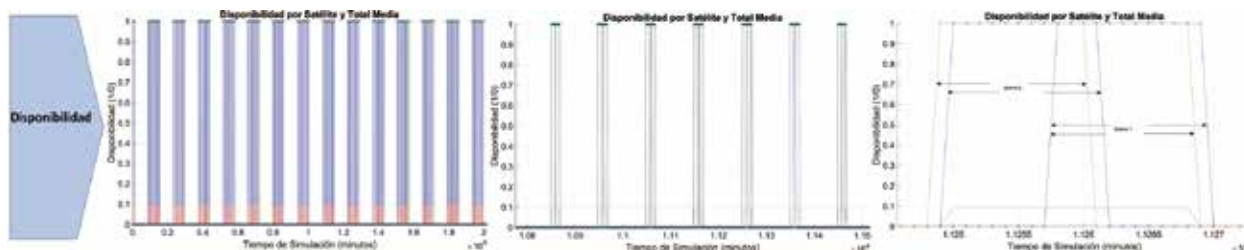


Figura 5. Ejemplo de gráfica, disponibilidad, del caso a simular y analizar según su evolución temporal (muestreo) y una ampliación. (Elaboración propia).

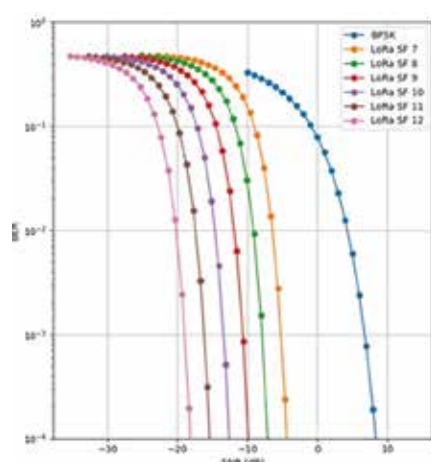


Figura 6. BER para la modulación LoRa en función de la S/N y su comparación con BPSK. Fuente del algoritmo [8], simulación y gráfica realizadas por los autores.

Por último, el balance de potencias y ruido por enlace se tiene que calcular utilizando los datos obtenidos y razonando su validez. La herramienta no los facilita a propósito, para que el alumno razone su cálculo por acotación de la evolución de las magnitudes obtenidas. Se podrá garantizar la S/N_r mínima y la BER máxima (situación crítica). Para ello, se acotan las pérdidas de propagación máximas y su validez temporal, y utilizando las ecuaciones de la 5 a la 10 llegamos a la S/N_r . El tipo de modulación LoRa condiciona el ancho de banda, que se facilita, y mediante la gráfica de la **figura 6**, que relaciona la S/N con la BER para LoRa, podemos determinar cuál es la BER máxima. En el caso que sea superior a la BER facilitada en el enunciado del caso, el alumno tiene que proponer mejoras razonadas para conseguir la BER objetivo y verificarlo repitiendo su proceso de cálculo.

CONCLUSIONES

La complejidad en la ejecución de casos prácticos es frecuente en los estudios universitarios STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), pero no por ello deben de dejar de abordarse. Los docentes tienen que buscar las formas para vencer esta barrera. En campo profesional, la industria, en los que se aplica, es una fuente de inspiración que los docentes tienen que considerar como formas para que los contenidos lleguen a sus alumnos. Además, cuando los alumnos perciben el carácter práctico de un contenido innovador y tecnológico le dan un valor adicional porque saben que sus estudios se revalúan al igual que sus currículos. Esto es lo que sucede en cierta medida con los nuevos grados en ingeniería basados en nuevas tecnologías (ciberseguridad, ciencia del dato, etc.). El alumno se implica y sale de la posición de confort de la clase magistral o del problema. Este es el caso presentado en este trabajo de contenido complejo. Presentamos al alumno la complejidad y enseñamos al alumno a gestionarla y a resolver problemas, uno de los fundamentos de los estudios de ingeniería. Lo ilustramos con tecnologías de vanguardia (satélites LEO, IoT, y LoRa), aplicaciones innovadoras y utilizando herramientas de simulación. No obstante, en ciertos casos, el reto de la innovación no vence al reto del esfuerzo y de enfrentarse a la novedad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] VALLADO, D. A. (2022) *Fundamental of astrodynamics and applications*. Microcosm Press.
- [2] MARAL, G., BOUSQUET, M. (2020) *Satellite Communication Systems: Systems, Techniques and Technology*. John Wiley & Sons.

- [3] PRATT, T., ALLNUTT, J. (2019) *Satellite Communication*. John Wiley & Sons.
- [4] RICHHARIA, M. (1999) *Satellite Communication Systems*. McGraw-Hill.
- [5] HERNANDO RÁBANOS, J.M., RIERA SALIS, J.M., MENDO TOMAS, L. (2013) *Transmisión por radio*. Editorial Universitaria Ramón Areces.
- [6] HERNANDO RÁBANOS, J.M., MENDO TOMAS, L., RIERA SALIS, J.M. (2015) *Comunicaciones Móviles*. Editorial Universitaria Ramón Areces.
- [7] SEMTECH (2015) *LoRa™ modulation basics*. Application note 1200.22. Semtech Corporation, revisión 2.
- [8] REYNDERS, B., MEERT, W., POLLIN, S. (2016) *Range and coexistence analysis of long range unlicensed communication*. 23rd International Conference on Telecommunications 2016 (ICT), IEEE.
- [9] MATLAB, *Toolbox Satellite Communications*, <https://es.mathworks.com/help/satcom/>.

UTILIDAD DE LA HERRAMIENTA DIGITAL WOOCAP EN CIENCIAS DE LA SALUD: ¿CUMPLE CON LAS EXPECTATIVAS?

María Pilar Cano Barquilla¹, María Juliana Pérez de Miguelsanz², María Pilar Fernández Mateos³,
Leire Virto Ruiz⁴, María Bringas Bollada⁵, Vanesa Jiménez Ortega¹

¹ Sección Departamental de Bioquímica y Biología Molecular.

² Sección Departamental de Anatomía y Embriología.

³ Sección Departamental de Biología Celular.

⁴ Sección Departamental Anatomía.

⁵ Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Clínico San Carlos, Madrid (España)

¹⁻³ Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid (España)

⁴ Facultad de Óptica, Universidad Complutense de Madrid (España)

Palabras clave: wooclap; gamificación; moodle; motivación; TIC.

Keywords: wooclap; gamification; moodle; motivation; ICT.

Resumen

La plataforma *Wooclap* es una herramienta de dinamización en línea que permite generar procesos de aprendizaje basados en el juego. Para valorar su utilidad en un contexto universitario, se ha integrado en la docencia de tres grados de ciencias de la salud de la Universidad Complutense de Madrid y se ha recogido el grado de satisfacción del alumnado. Los resultados valoran positivamente la amplia tipología de preguntas que ofrece la herramienta, así como su utilidad para incrementar su motivación y atención durante las clases, apoyo para el aprendizaje y repaso de la asignatura. Por lo tanto, *Wooclap* podría ser una importante herramienta metodológica en la enseñanza universitaria, que contribuya a la mejora de la calidad del aprendizaje.

Abstract

Wooclap platform is an online dynamization tool that allows the generation of game-based learning processes. To assess its usefulness in a university context, it has been integrated into the teaching of three degrees in health sciences at Complutense University of Madrid and the student satisfaction has been assessed. The results value positively the wide range of question types offered by the tool, as well as its usefulness in increasing their motivation and attention during classes, support for learning, and subject review. Therefore, Wooclap could be an important methodological tool in university teaching, contributing to improving the quality of learning.

INTRODUCCIÓN

Los constantes avances tecnológicos de la sociedad actual han impulsado la aparición de numerosas plataformas digitales en la industria de la tecnología educativa [1], enmarcadas como tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Estas plataformas ofrecen enseñanza activa con un enfoque pedagógico centrado en el estudiante, que permite acelerar y consolidar su aprendizaje. Además, tienen muy buena acogida entre los nativos digitales, porque a través de sus propios dispositivos móviles pueden interactuar de forma rápida y sencilla entre ellos y con los docentes, fomentando su motivación [2].

Muchas de estas plataformas generan procesos de aprendizaje basado en el juego ("gamificación"), que supone una potente herramienta para la integración, la diversión y la motivación [3]. Recursos como la clase invertida, *Kahoot*, *Socrative* o *Genially* suponen una mayor asistencia y participación en clase, que facilitan la retención del conocimiento [4-5].

Una novedosa plataforma dentro de las TIC es *Wooclap*, una herramienta de dinamización en línea que permite al profesor diseñar actividades mediante preguntas interactivas, con la obtención de las evaluaciones en tiempo real. Su funcionamiento sencillo e intuitivo y su amplia gama de opciones de interacción la convierten en una herramienta útil para fomentar la participación de los estudiantes en clase y en línea. Por ello, esta plataforma hace que los cursos sean más dinámicos, eficaces y se adapten mejor a las expectativas y al uso de estudiantes y docentes [6-7].

El uso de esta herramienta en el contexto universitario es reciente, pero se ha extendido rápidamente a más de 1 millón de docentes y formadores en más de 600 organismos e instituciones de más de 150 países [7]. Recientemente, la Universidad Complutense de Madrid (UCM) ha incorporado *Wooclap* como una herramienta del campus virtual, a través de Moodle. Dado este escenario, el potencial de la herramienta se incrementa enormemente, puesto que los estudiantes tienen un acceso a la plataforma a través de su campus virtual, permitiendo su autenticación, y volcado de los resultados de *Wooclap* a Moodle. Además, esta plataforma dispone de más de veinte tipos distintos de formatos de preguntas, sin límite de conexiones simultáneas a la plataforma. Por ello, aparentemente, el empleo de esta herramienta a través de la UCM podría solucionar las actuales limitaciones que muestran otras herramientas de *e-learning* disponibles de uso libre en la web, y ofrecer ventajas adicionales.

Por ello, el objetivo del presente trabajo es evaluar la utilidad y grado de satisfacción que perciben los estudiantes de tres grados distintos de ciencias de la salud de la UCM, respecto a tres grandes bloques de contenidos: aspectos relativos a las características de *Wooclap*, percepción de la herramienta como motor de la participación, motivación y atención de los discentes y, por último, utilidad en la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló durante el curso académico 2023-24 con alumnos pertenecientes a tres grados de ciencias de la salud de la UCM, matriculados en las siguientes asignaturas:

- Anatomía Humana (AH) del Grado en Nutrición Humana y Dietética (NHyD) y del Doble Grado en Farmacia y NHyD. Asignatura del primer cuatrimestre del primer año de carrera. 84 alumnos matriculados en su conjunto.
- Genética, Bioquímica y Biología Molecular (GBBM), del Grado en Odontología. Asignatura del primer cuatrimestre del primer año de carrera. 120 alumnos matriculados.

Se diseñaron cuestionarios con la tipología de preguntas más relevantes para cada materia específica, y a criterio de la coordinadora de cada asignatura. En materia de anatomía, se utilizaron las opciones de “buscar en la imagen”, “combinar ítems”, “nube de palabras” y “preguntas de tipo test”. Adicionalmente a las anteriores, en la asignatura de GBBM también se utilizaron los tipos de preguntas sobre “rellenar los espacios vacíos”, “etiquetar una imagen” y “adivinar un número”.

A lo largo del curso se facilitaron diez cuestionarios con un mínimo de diez preguntas cada uno, de variada tipología. El acceso se facilitó mediante código QR en algunos casos, o bien a través de un acceso habilitado en el campus virtual de la asignatura. Los discentes contestaron a los cuestionarios en el aula de seminario o de prácticas y también en remoto, en función del cuestionario. Los resultados se volcaban directamente a la plataforma *Moodle* del campus virtual.

Al comienzo del curso académico se facilitó una encuesta desde *Wooclap* para valorar el conocimiento de la herramienta entre los asistentes, en su entorno preuniversitario. Posteriormente, y antes de finalizar cada asignatura, los docentes dieron acceso a los estudiantes para la realización, anónima y voluntaria, de una encuesta de satisfacción mediante la escala de Likert, con cinco categorías, para abordar cuestiones generales del uso de la aplicación *Wooclap* (acceso a la aplicación, facilidad de uso, diversidad de tipo de preguntas, etc.), así como aspectos pedagógicos y de actitud, que permitieran determinar la utilidad de la herramienta en las disciplinas de AH y GBBM de los distintos grados.

En el caso de GBBM, la encuesta de satisfacción se ofreció a través del campus virtual, fuera del aula, y fue completada por 52 alumnos. En el caso de AH, la encuesta fue realizada en el aula mediante el tipo de pregunta “encuesta” de *Wooclap*, y participaron 74 alumnos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos tras la cumplimentación de la encuesta de satisfacción de los estudiantes que cursaron las asignaturas de primer curso se muestran como frecuencias relativas para cada asignatura y también para el conjunto de estudiantes. Los resultados se pueden dividir en tres grandes bloques, que dan respuesta a los objetivos propuestos en el trabajo:

A) Percepción de la herramienta

Los resultados evidencian que la plataforma Woolclap está actualmente poco extendida en el ambiente preuniversitario puesto que, en términos de frecuencia relativa, el 81% de los discentes de primer curso y cuatrimestre indicaron no conocer la plataforma (**figura 1**). El empleo, por primera vez, de una herramienta presenta claros beneficios, por el componente atractivo lúdico por lo desconocido, aunque también inconvenientes, al requerir más tiempo para conseguir el dominio de manejo de la herramienta.

En cuanto a las vías de acceso a la plataforma, son fundamentalmente dos: a través del campus virtual o facilitando el código QR del cuestionario. La percepción de la facilidad de acceso ha sido variada entre el estudiantado con una tendencia a la indiferencia, por lo que se pueden considerar ambos sistemas igualmente adecuados como métodos de acceso (**tabla 1**).

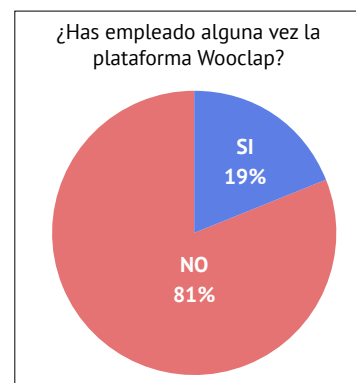


Figura 1.

Tabla 1. Resultados de satisfacción con la vía de acceso, expresados mediante las frecuencias relativas por asignatura y globales.

El acceso a la plataforma <i>Woolclap</i> me ha resultado más sencillo a través del campus virtual que mediante un código QR					
Asignatura	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Indiferente (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
GBBM	9,6	5,8	30,8	17,3	36,5
AH	36,0	28,0	22,7	6,7	6,7
Frecuencia global	25,2%	18,9%	26,0%	11,0%	18,9%

Independientemente del método empleado, nunca o casi nunca hubo problemas de acceso a la plataforma desde el aula, aunque en el caso de la asignatura de AH un 37,5% y un 12,5% refirieron tener algunas veces o regularmente problemas de acceso, respectivamente (**tabla 2**). Estos problemas no aparecían cuando los cuestionarios eran resueltos a distancia, por lo que este apartado está estrechamente ligado a la cobertura del aula donde se desarrolle la prueba. Este hándicap afecta no solo a *Woolclap*, sino a cualquier plataforma que requiera internet y que se irá solventando con la mejora de las infraestructuras.

Tabla 2. Resultados de estimación de problemas de acceso, expresados mediante las frecuencias relativas por asignatura y globales.

¿Con qué frecuencia has tenido PROBLEMAS para acceder a la plataforma <i>Woolclap</i> EN CLASE?					
Asignatura	Nunca (%)	Casi nunca (%)	Algunas veces (%)	Regularmente (%)	Siempre (%)
GBBM	21,2	73,1	0,0	3,8	1,9
AH	8,3	40,3	37,5	12,5	1,4
Frecuencia global	13,7	54,0	21,8	8,9	1,6

¿Con qué frecuencia has tenido PROBLEMAS para acceder a la plataforma <i>Woolclap</i> DESDE CASA?					
Asignatura	Nunca (%)	Casi nunca (%)	Algunas veces (%)	Regularmente (%)	Siempre (%)
GBBM	67,3	30,8	0	1,9	0
AH	62,5	26,4	6,9	2,8	1,4
Frecuencia global	64,5	28,2	4,0	2,4	0,8

En cuanto a la utilidad de la variada tipología de preguntas que ofrece la plataforma, 21 en total, son diez de ellas las catalogadas por la propia plataforma Wooclap como “útiles para la evaluación de la comprensión”, que coinciden con las más empleadas por las docentes para la elaboración de sus cuestionarios.

Los discentes han considerado útil (47,6%) o de gran utilidad (34,1%) el empleo en la docencia de la variada tipología de preguntas que ofrece la aplicación (tabla 3). Llama la atención que un 19,2% de los estudiantes participantes en la encuesta en la asignatura de GBBM (10 de 52 participantes) lo consideren totalmente inútil, precisamente en la asignatura donde mayor tipología de preguntas se ha empleado. Probablemente esto se deba a que determinado tipo de preguntas requieren un grado de comprensión de la materia superior al que han adquirido algunos estudiantes, lo que creemos que justificaría su mala acogida.

Tabla 3. Resultados de estimación sobre la tipología de preguntas, expresados mediante las frecuencias relativas por asignatura y globales.

La variada TIPOLOGÍA de preguntas que se pueden realizar a través de la aplicación Wooclap te ha resultado:					
Asignatura	Totalmente inútil (%)	Poco útil (%)	Indiferente (%)	Útil (%)	De gran utilidad (%)
GBBM	19,2	0	0	55,8	25,0
AH	1,4	1,4	14,9	41,9	40,5
Frecuencia global	8,7	0,8	8,7	47,6	34,1

Teniendo en cuenta que cada docente empleó, según su criterio, el tipo de pregunta más adecuado a la materia de interés, se obtuvieron los siguientes resultados:

- AH impartida en los grados en NHyD o el doble grado en NHyD y Farmacia empleó 4 tipos de preguntas: de tipo test, buscar en la imagen, combinar ítems y nube de palabras; siendo “buscar en la imagen” el tipo de pregunta más valorado (47,3% de frecuencia relativa) (tabla 4).

Tabla 4. Frecuencias relativas de estimación del tipo de pregunta con mejor acogida en la asignatura de AH.

En ANATOMÍA HUMANA, Indique el tipo de pregunta de Wooclap que MÁS le haya gustado:				
Preguntas tipo test (%)	Combinar ítems (%)	Buscar en la imagen (%)	Todas ellas (%)	Ninguna (%)
24,3	2,7	47,3	24,3	1,4

- GBBM del grado en Odontología empleó 8 tipos de preguntas: de tipo test, nube de palabras, combinar ítems, buscar en la imagen, rellenar espacios vacíos, etiquetar una imagen y adivinar un número. De todas ellas, la pregunta de tipo test fue la primera opción más valorada entre el estudiantado (92,2% de los participantes), seguida como segunda opción la nube de palabras (30,6%) y etiquetar una imagen (26,5%). La peor valorada fue el tipo de pregunta de rellenar espacios en blanco para el 65,4% de los participantes (tabla 5). Estos resultados probablemente se deban a que la pregunta de tipo test ofrece respuestas posibles que pueden orientar a los discentes en su decisión, mientras que el tipo de pregunta de rellenar espacios no ofrece alternativas, por lo que requiere un mayor grado de comprensión de la materia.

Tabla 5. Frecuencias relativas de estimación del tipo de pregunta con mejor y peor acogida en la asignatura de GBBM.

En GBBM (Grado Odontología) indique el tipo de pregunta de Wooclap:							
	Preguntas tipo test	Nube de palabras	Combinar ítems (%)	Buscar en la imagen	Rellenar los espacios	Etiquetar una imagen	Adivinar un número
MÁS valorada	92,2	5,9	0	2,0	0	0	0
SEGUNDA más valorada	0	30,6	12,2	22,4	6,1	26,5	2,0
MENOS valorada	0	5,8	9,6	5,8	65,4	3,8	9,6

El tipo de pregunta más valorada en la asignatura de anatomía (buscar en la imagen) coincide con el método empleado para su evaluación, al igual que ocurre en las asignaturas de GBBM (pregunta de tipo test). Por lo tanto, la elección del tipo de pregunta mejor valorada entre las empleadas en cada asignatura puede estar condicionada por el método de evaluación de cada una de ellas.

B) Contribución de la herramienta Woolclap al grado de participación, atención y motivación de los discentes

Los discentes que han realizado la encuesta de satisfacción han participado siempre (84%) o casi siempre (16%) en los cuestionarios Woolclap (figura 2), a pesar de no suponer mayor calificación en su evaluación.

La gamificación a través de Woolclap como herramienta de aprendizaje ha tenido por lo tanto muy buena acogida, con un alto grado de participación. De hecho, a pesar de que el 80,8% de los estudiantes de ambas asignaturas considera adecuado el número de cuestionarios que se han empleado (tabla 6), el 79,3% valora positivamente que se facilitaran más a lo largo del curso (tabla 7). Estos resultados refuerzan la elevada motivación del estudiantado con el empleo de Woolclap para el desarrollo de sus competencias.

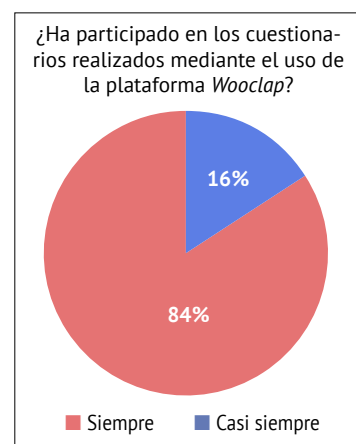


Figura 2

Tabla 6. Resultados de satisfacción sobre el número de cuestionarios empleados durante cada asignatura, mostrados mediante las frecuencias relativas por asignatura y globales.

El número de cuestionarios de Woolclap empleado en la asignatura ha sido:					
Asignatura	Excesivo (%)	Elevado (%)	Adecuado (%)	Reducido (%)	Escaso (%)
GBBM	0	7,7	88,5	0	3,8
AH	0	23,3	75,3	1,4	0
Frecuencia global	0	16,8	80,8	0,8	1,6

Tabla 7. Resultados de estimación de la demanda en el número de cuestionarios, expresado mediante las frecuencias relativas por asignatura y globales.

Me gustaría que se facilitaran más cuestionarios Woolclap a lo largo del curso:					
Asignatura	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Indiferente (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
GBBM	0	0	28,8	51,9	19,2
AH	0	0	14,9	62,2	23,0
Frecuencia global	0	0	20,6	57,9	21,4

El 82,1% de los discentes está de acuerdo o totalmente de acuerdo en que el empleo de los cuestionarios al comienzo de las clases ha favorecido su motivación y atención durante las mismas (tabla 8), por lo que se confirma el potencial de la herramienta Woolclap como estrategia que potencie la atención, participación y motivación de los discentes en el aula.

Tabla 8. Resultados de estimación de la motivación y atención generadas, expresados mediante las frecuencias relativas por asignatura y globales.

La realización de cuestionarios sobre conocimientos previos antes de impartir la teoría favorece mi motivación y atención.					
Asignatura	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Indiferente (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
GBBM	1,9	9,6	0	67,3	21,2
AH	1,4	1,4	19,7	60,6	16,9
Frecuencia global	1,6	4,9	11,4	63,4	18,7

C) Contribución de la herramienta Wooclap a la satisfacción sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje

Cerca del 100% de los discentes están de acuerdo o totalmente de acuerdo en que la realización de los cuestionarios Wooclap les ha ayudado a entender y repasar los contenidos impartidos en el aula (figura 3) y, por ende, valoran muy positivamente su utilización en cada asignatura analizada (tabla 9). Hasta tal punto que el 92,6% de los encuestados estarían de acuerdo o totalmente de acuerdo con la incorporación de Wooclap en otras asignaturas (tabla 9).

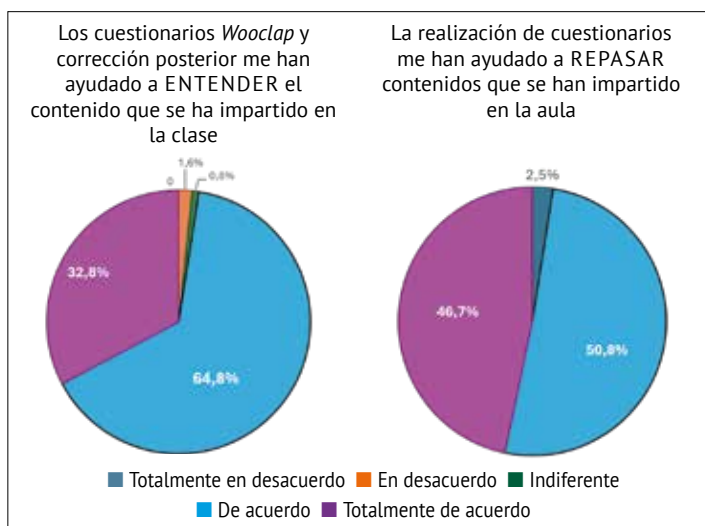


Figura 2

Tabla 9. Resultados de satisfacción sobre el empleo de Wooclap y mayor utilización, expresado mediante las frecuencias relativas por asignatura y globales.

¿Estás de acuerdo con la utilización de esta herramienta en la asignatura?					
Asignatura	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Indiferente (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
GBBM	0	0	0	47,1	52,9
AH	1,4	0	5,5	45,2	47,9
Frecuencia global	1,8	0	3,2	46,0	50,0

¿Estarías de acuerdo con utilizar esta herramienta para el aprendizaje de otras asignaturas?					
Asignatura	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Indiferente (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
GBBM	0	0	0	42,3	57,7
AH	1,4	1,4	9,9	60,6	26,8
Frecuencia global	0,8	0,8	5,7	52,8	39,8

Con los resultados obtenidos en este trabajo, las principales conclusiones sobre la incorporación de Wooclap a la docencia de dos asignaturas de tres grados distintos de ciencias de la salud son:

- 1.- La plataforma es sencilla e intuitiva en su uso, con facilidad en el acceso a los discentes.
- 2.- La variada tipología disponible con esta herramienta es de gran utilidad para que cada docente seleccione la más adecuada a su materia y disciplina impartida. Aunque el alumnado reconoce la utilidad del empleo de distintos tipos de preguntas, presenta preferencia sobre aquellas con las que son evaluados.
- 3.- La gamificación que ofrece la plataforma favorece la atención, motivación y participación del alumnado en el aula.
- 4.- Ayuda a entender y repasar los conceptos impartidos en el aula, permitiendo una retroalimentación, que hace que el alumnado apruebe su utilidad en la asignatura e incorporación en otras asignaturas.

AGRADECIMIENTOS

Estos resultados forman parte del proyecto de Innovación Docente número 44 titulado “Utilidad de la herramienta digital *Wooclap* en Ciencias de la Salud, ¿cumple con las expectativas?” concedido en la convocatoria Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad Docente 2023-2024 de la Universidad Complutense de Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MUNOZ-NAJAR, A., GILBERTO, A., HASAN, A., COBO, C., AZEVEDO, J.P., AKMAL, M. (2021) Remote learning during COVID-19: Lessons from today, principles for tomorrow. World Bank, Washington, DC. [En línea], disponible en <http://hdl.handle.net/10986/36665> [Consultado el 03/04/2024].
- [2] YUSTE, B. (2015) Las nuevas formas de consumir información de los jóvenes. *Revista de Estudios de Juventud* 108, 179-191.
- [3] GRANDE-DE-PRADO, M., GARCÍA-MARTÍN, S., BAELO, R., ABELLA-GARCÍA, V. (2021) Edu-Escape rooms. *Encyclopedia* 1, 12-19.
- [4] MARTÍNEZ, G. (2017) Tecnologías y nuevas tendencias en educación: aprender jugando. El caso de Kahoot. *Opción: Revista de Ciencias Humanas y Sociales* 83, 252-277.
- [5] CANO BARQUILLA, M.P., JIMÉNEZ ORTEGA, V., OLMO LÓPEZ, R.M., FERNÁNDEZ-MATEOS, M.P., TEIJÓN LÓPEZ, C., VIRTO RUIZ, L., BLANCO GAITÁN, M.D., IZUZQUIZA SUÁREZ INCLÁN, J., NAVARRO RUIZ DE ADANA, I., ESQUIFINO PARRAS, A. (2018) La plataforma Kahoot es una herramienta útil en la enseñanza universitaria del área de ciencias de la salud. *Investigación y Didáctica en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas*. Santillana Educación S.L. pp. 371-378.
- [6] CATALINA-GARCÍA, B., GARCÍA GALERA, M.C. (2022) Innovación y herramientas hi-tech en la docencia del periodismo. El caso de Wooclap. *Doxa Comunicación* 34, 19-32.
- [7] Wooclap SA (2023) Bruselas, Bélgica. [En línea], disponible en <https://www.wooclap.com/es/> [Consultado el 03/07/2024].

APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS Y EL USO DE LA REALIDAD AUMENTADA EN EL TEMA DE ANATOMOFISIOLOGÍA EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR

Luis Daniel Cruz Reyes¹, María Esther Urrutia Aguilar²

¹ Maestría en Docencia para la Educación Media Superior; UNAM (México). cddaniel261018@gmail.com

² Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México (México). mariau@unam.mx

Palabras clave: educación; tecnología; estrategia didáctica; motivación.

Keywords: education; technology; teaching strategy; motivation.

Resumen

El aprendizaje basado en problemas (ABP) como estrategia didáctica innovadora puede aplicarse en diferentes niveles académicos y disciplinas; además, es posible complementarlo con la utilización de recursos tecnológicos. El objetivo de este trabajo fue analizar el ABP y el uso de realidad aumentada (RA) como estrategias de enseñanza, detonadoras de motivación y adquisición de conocimientos en el tema de anatomofisiología en los estudiantes de bachillerato. Los resultados arrojaron que el ABP complementado con la RA favorece la motivación y obtención de conocimientos de los estudiantes de bachillerato en el tema de anatomofisiología.

Abstract

Problem-based learning (PBL) as an innovative teaching strategy can be applied at different academic levels and disciplines; Furthermore, it is possible to complement it with the use of technological resources. The objective of this work was to analyze PBL and the use of augmented reality (AR) as teaching strategies, triggers of motivation and acquisition of knowledge on the topic of anatomophysiology in high school students. The results showed that PBL complemented with AR favor the motivation and obtention of knowledge in high school students on the topic of anatomophysiology.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito educativo uno de los principales problemas es que los jóvenes, ya sea de forma temporal o de manera definitiva, abandonan sus estudios específicamente en el nivel medio superior. Esto lo convierte en un problema de suma importancia para el progreso del sistema educativo en México y el mundo, constituyendo un obstáculo para los alumnos que desean continuar con sus estudios a nivel de licenciatura. Una de las múltiples causas que afectan a la permanencia escolar, de acuerdo con el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), es la estrategia que utiliza el docente para la enseñanza [1].

En las estrategias de aprendizaje la motivación cumple un papel fundamental para que los alumnos adquieran nuevos conocimientos; es por ello necesaria la utilización de estrategias que permitan colocar al alumno como protagonista para ser partícipe de su propio conocimiento; como afirman Cornejo y Saravia [2], la participación del alumno en su propia formación constituye un factor motivacional.

Numerosos investigadores en el campo de la educación han identificado la utilización de tecnología como recurso de gran potencial para mejorar el proceso del aprendizaje. En el caso de temas en anatomía y fisiología han encontrado que la enseñanza tradicional apoyada con nuevas tecnologías produce alumnos con una mejor comprensión, preparación y capacidad para resolver problemas prácticos. El uso de herramientas tecnológicas permite la creación de recursos atractivos, que despiertan un mayor interés en los alumnos, aumentando su motivación e interfiriendo de forma positiva en el aprendizaje de la materia estudiada [3].

El presente trabajo tiene como propósito presentar la estrategia didáctica de aprendizaje basado en problemas (ABP) complementada con realidad aumentada (RA), que apoye al docente del nivel medio superior en la enseñanza del tema de anatomofisiología en la materia de ciencias de la salud.

METODOLOGÍA

La aplicación de la estrategia didáctica del ABP se llevó a cabo de forma presencial en el Colegio de Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México, plantel Azcapotzalco, para 37 alumnos del turno vespertino, los cuales se dividieron en 6 equipos de trabajo durante 3 sesiones de 120 minutos cada una en la materia de Ciencias de la Salud; la aplicación de la planeación didáctica contempló la evaluación diagnóstica, formativa y sumativa de los conocimientos declarativos y los conocimientos procedimentales mediante la utilización de la aplicación de *Anatomy AR*® [4]. Con finalidad de evaluar la motivación se utilizaron dos instrumentos: “Cuestionario de evaluación motivacional del proceso de aprendizaje (EMPA)” [5] y “Cuestionario de clima motivacional de clase (CMCQ)” [6].

Para llevar a cabo la planeación didáctica, se elaboró un caso de ABP de acuerdo con la metodología sugerida por Vizcarro [7], contemplando los aspectos generales y las condiciones de las tareas; se consideran los siguientes objetivos de forma general:

- Los objetivos de aprendizaje que se persiguen.
- Cuál es el tipo de tarea más adecuada para alcanzar estos objetivos.
- El formato que se propondrá a los estudiantes; relato, representación, vídeo, muestra de trabajo, autorregistros, etc.

Cuando se cubrieron los objetivos buscados, se integró un material para los alumnos y el profesor con una modificación a los lineamientos del formato de Martínez [8], contemplando los aspectos mostrados en la **tabla 1**.

Tabla 1. Características del material para alumnos y tutor ABP.

Material para el alumno	Material para el tutor
1. Descripción del caso	1. Descripción del caso
2. Identificación de las pistas, hechos o datos orientadores	2. Identificación de las pistas, hechos o datos orientadores
3. Análisis y definición de los problemas	3. Análisis y definición de los problemas
4. Formulación de hipótesis o posibles explicaciones	4. Formulación de hipótesis o posibles explicaciones
5. Identificación de áreas y objetivos de aprendizaje	5. Identificación de áreas y objetivos de aprendizaje
6. Fuentes de información que se deben consultar.	6. Fuentes de información que pueden consultar los alumnos.

En lo que respecta a la validación de estructura y contenido de los objetivos de aprendizaje para su implementación en la materia de Ciencias de la Salud en alumnos de nivel medio superior, se basó en lo expuesto por Goode y Hatt [9], lo cual requirió la realización de tres versiones (**tabla 2**).

Tabla 2. Descripción del proceso de validación caso ABP.

Versiones del caso de ABP	Proceso de la validación
Primera versión	Se validó en cuanto a su estructura el día 19 de abril del año 2022 con 12 profesores de bachillerato que estaban cursando el posgrado de MADEMS. La formación de los profesores, en su mayoría del área de las ciencias de la salud, permitió la modificación del caso enfocado a los objetivos de aprendizaje que se buscan en el programa de estudios.
Segunda versión	Para la validación de contenido se envió por medio de correo electrónico una segunda versión del caso a tres jueces independientes expertos en la elaboración de casos de ABP, realizaron la verificación en cuanto a la relación que tiene el caso con los objetivos del programa de la materia de Ciencias de la Salud II en el tema de participación neuroendocrina de los sistemas involucrados en la recreación del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM.
Tercera versión	Al realizar las modificaciones que resultaron de la validación de estructura y contenido, se estructuró una versión final.

En la planeación se integró la estrategia didáctica del aprendizaje basado en problemas y la realidad aumentada; de acuerdo con Díaz Barriga [10], el principio de la secuencia didáctica es que el orden de los pasos permita que exista una relación con los conocimientos previos que posee el alumno. Por ello, en las actividades de inicio fue necesario diseñar momentos para que el alumno reflexione en torno a una situación problemática y reconozca sus aprendizajes previos para articularlos con los nuevos que aprenderá en el desarrollo de sus actividades de aprendizaje; de esta manera lograr que se dé un aprendizaje significativo, es decir que el nuevo aprendizaje adquirido tenga un significado para el alumno porque tiene una relación con su contexto, con sus aprendizajes previos y adicional a ello lo aprendido va a permanecer en su memoria a largo plazo.

Dentro de las posibles utilidades que se le pueden dar a la realidad aumentada dentro del ámbito educativo se encuentran las siguientes de acuerdo con Ortega [11]: aprendizaje basado en descubrimiento, desarrollo de habilidades profesionales, juegos con realidad aumentada, modelaje en 3D, libros con realidad aumentada y la elaboración de materiales didácticos; siendo esta última característica la que se utilizó durante el desarrollo del trabajo de investigación (figura 1). Las diversas propiedades con las que cuenta la RA y la preferencia de los jóvenes para la realización de sus actividades cotidianas por medio de la tecnología permitieron la utilización de la RA resultando en la detonación de motivación en ellos en el tema de anatomofisiología; de acuerdo con Ortega [11] “Numerosas han sido las investigaciones que sugieren que la RA refuerza el aprendizaje e incrementa la motivación”.

Con la finalidad de desarrollar en los alumnos conocimientos procedimentales de la ubicación de los sistemas y órganos del cuerpo humano, así como sus funciones, características y la relación con las actividades físicas, la aplicación de RA brinda la posibilidad de tener un cuerpo humano diseccionado sin la necesidad de acudir a un anfiteatro donde por lo general se cuenta con un modelo para varios alumnos. La aplicación proporciona a cada alumno en su dispositivo móvil la información precisa de órganos y sistema (figura 2); de esta forma como docente se puede hacer uso de la heteroevaluación o coevaluación, para conocer qué órganos o sistemas tendrían que ubicar y conocer en orden para ejecutar acciones que ayuden a la resolución del caso de ABP que se les presenta.

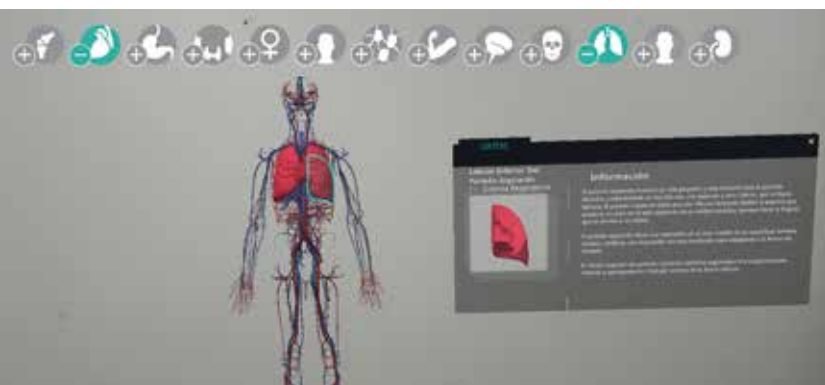


Figura 1. Utilización de la aplicación *Anatomy AR®*, información de órganos y sistemas.

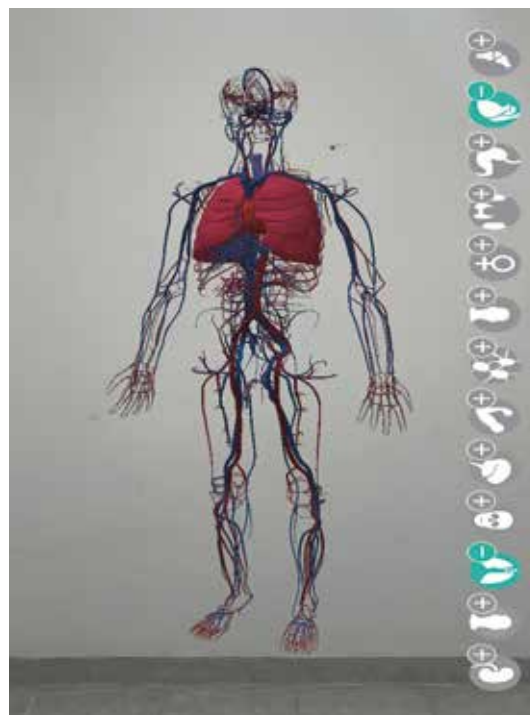


Figura 1. Proyección del cuerpo humano mediante la aplicación *Anatomy AR®*, en el salón de clases.

Incluida en la planeación didáctica se realizaron diferentes tipos de evaluaciones como afirma Sánchez [12] respecto a la evaluación “Implica un proceso sistemático de acopio de información mediante la aplicación de diversos instrumentos, como pueden ser exámenes escritos u orales, para ser analizada con rigor metodológico, fundamentar la toma de decisiones y promover el aprendizaje complejo en los estudiantes”. El proceso de evaluación permite que por medio de instrumentos se recabe información, la cual al ser analizada permite al docente buscar áreas de mejora para lograr cubrir los objetivos esperados del aprendizaje.

Durante el desarrollo de la planeación didáctica se realizaron tres tipos de evaluación de conocimientos: diagnóstica, formativa y sumativa; cada evaluación utilizó un instrumento diferente de evaluación, se agregó una cuarta evaluación que brindó información acerca de la motivación de los alumnos (tabla 3).

Tabla 3. Tipos de evaluación e instrumentos utilizados.

<p>1. Diagnóstica.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Niveles de formulación de hipótesis ABP. <i>Adaptación con base en [13]</i> 	<p>2. Formativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Rúbrica ABP (Heteroevaluación). <i>Adaptación con base en [12]</i> ❖ Lista de cotejo uso de (RA) (Coevaluación). <i>Adaptación con base en [14]</i>
<p>3. Sumativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Examen de opción múltiple. <i>Adaptación con base en [12]</i> 	<p>4. Motivación.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ "Cuestionario de evaluación motivacional del proceso de aprendizaje (EMPA)" <i>Adaptación con base en [5]</i> ❖ "Cuestionario de Clima Motivación de Clase (CMCQ)" <i>Adaptación con base en [6]</i>

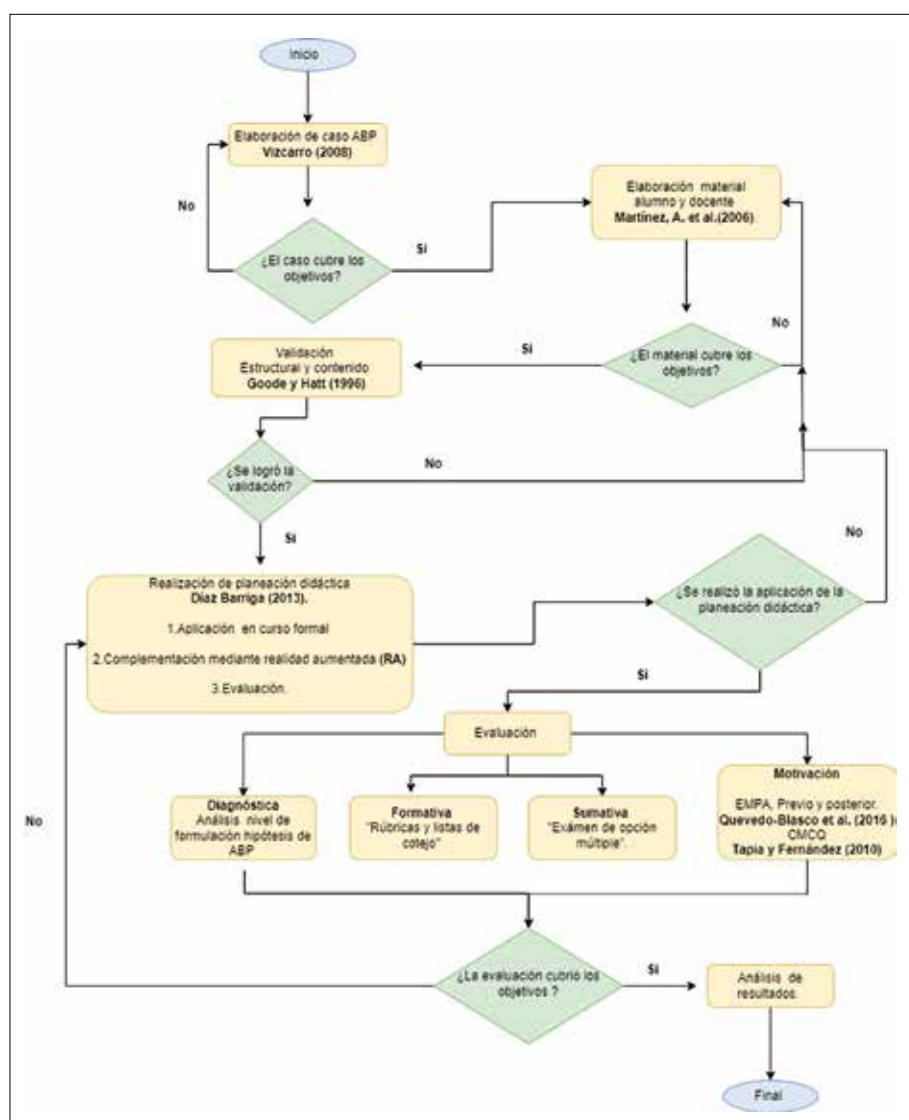


Figura 3. Diagrama de la metodología. Elaboración propia con base en [10].

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la aplicación de la estrategia didáctica de ABP complementada con realidad aumentada AR, en el tema de anatomofisiología en la materia de Ciencias de la Salud que se llevó a cabo de forma presencial para alumnos del turno vespertino en el Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, plantel Azcapotzalco, son los siguientes:

- En los resultados obtenidos de la evaluación diagnóstica se puede apreciar que los equipos en general tuvieron un buen desempeño en la obtención de sus posibles hipótesis haciendo uso de sus conocimientos previos
- Con relación al desempeño de los equipos de trabajo existieron resultados superiores en aquellos que desde un inicio lograron un trabajo colaborativo en todo momento, lo cual permitió tener resultados positivos al conocer y ser responsables cada integrante de la actividad que debía realizar
- Los resultados del uso de la realidad aumentada como un recurso que complementará al ABP en equipo permiten observar que la utilización de la tecnología por parte de los alumnos de nivel medio superior no es desconocida o complicada, pero al hacer uso de la misma para complementar un tema de anatomofisiología visto en clase para ubicar sistemas y órganos del cuerpo humano se puede complicar mostrando que el uso de la tecnología como un medio educativo no es común en el salón de clase, lo cual es posible visualizar en la **tabla 4**.
- Las calificaciones obtenidas por los alumnos durante su evaluación formativa mostraron que fueron los equipos con mayor participación y responsabilidad de sus actividades quienes obtuvieron las clasificaciones más altas; por el contrario, los equipos que no lograron desarrollar un buen trabajo repercutieron en sus calificaciones
- Los resultados obtenidos del promedio por equipo de la evaluación sumativa que se pueden observar en la **tabla 4** permiten ver que los equipos con calificaciones más altas de acuerdo con el registro de asistencia se presentaron a todas las sesiones de la estrategia didáctica, reflejándose en sus calificaciones.

Tabla 4. Resultados de evaluación diagnóstica, formativa y sumativa.

			EQ.1	EQ.1	EQ.1	EQ.1	EQ.1	EQ.1
Evaluación diagnóstica	Niveles de elaboración de hipótesis		1	2	3	1	2	1
Evaluación formativa	Conocimientos declarativos	Calificaciones de habilidades de trabajo en equipo, búsqueda y análisis de la información durante la realización del ABP.	8,3	9,1	9,1	8,3	9,1	6,6
		Nivel de la evaluación de la habilidad de comunicación en los resultados de ABP.	3	4	3	3	3	0
	Conocimientos procedimentales	Calificaciones de la evaluación procedimental del uso de la realidad aumentada.	9,1	8,9	8,6	9,3	8,8	8
Evaluación sumativa	Conocimientos declarativos	Promedio de la calificación sumativa por equipo.	6,8	9	9	8,6	8,6	8,1

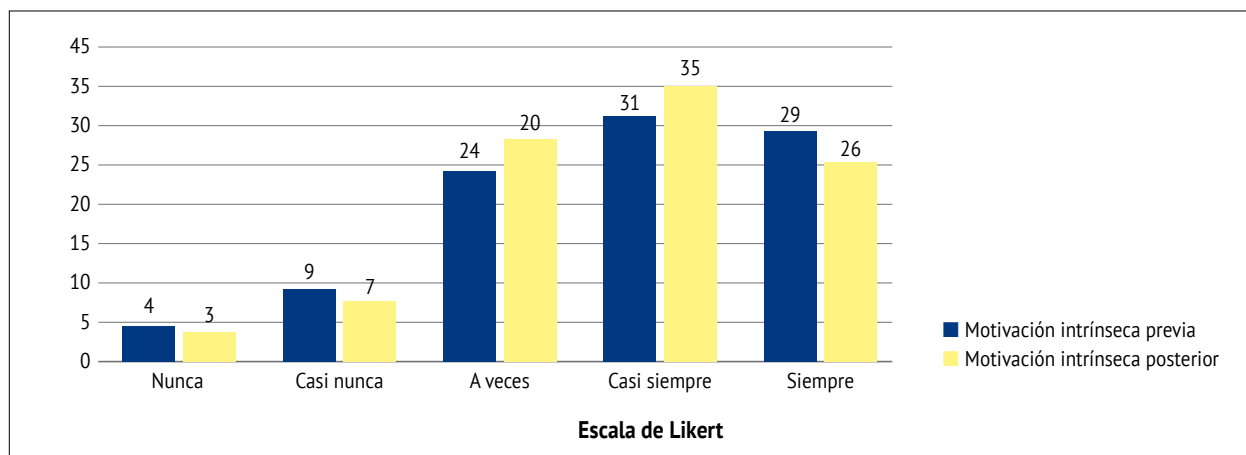


Figura 4. Comparación de la motivación intrínseca previa y posterior a la estrategia. "Cuestionario de evaluación motivacional del proceso de aprendizaje (EMPA)" [4].

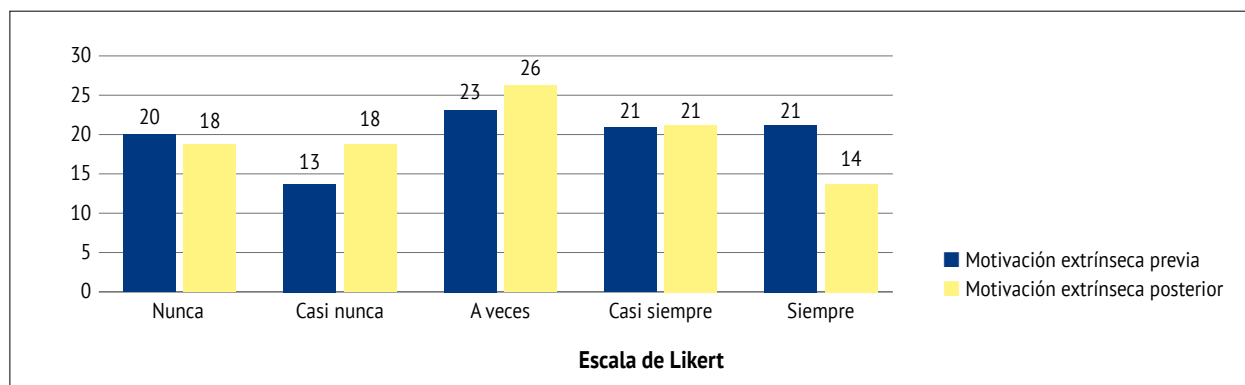


Figura 5. Comparación de la motivación extrínseca previa y posterior a la estrategia. "Cuestionario de evaluación motivacional del proceso de aprendizaje (EMPA)" [4].

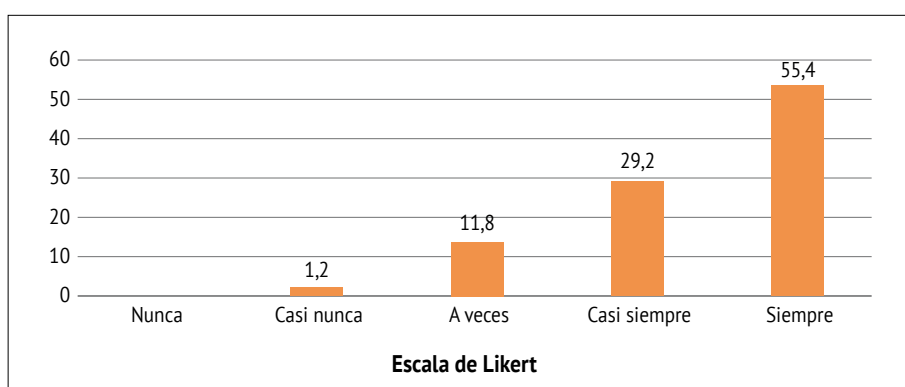


Figura 6. Resultados del cuestionario ambiente motivacional en el salón de clases, "Cuestionario de clima motivacional de clase (CMCQ)" [5].

Los resultados del cuestionario del clima motivacional de clase (**figura 6**) muestran que el 55.4% de los alumnos piensan que siempre existió un ambiente propicio para aprender lo cual es favorable al ser uno de los objetivos del trabajo, ya que para que se pueda dar el estímulo necesario, es importante un contexto que de paso a un ambiente donde se presente la motivación.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo permiten analizar el aprendizaje basado en problemas (ABP) y el uso del recurso tecnológico innovador de la realidad aumentada (RA) como estrategias de enseñanza detonantes de conocimiento y la motivación de los estudiantes de bachillerato específicamente en el tema de anatomofisiología. Posteriormente a la estrategia didáctica en la evaluación de la habilidad de comunicación, trabajo en equipo, búsqueda y análisis de información, el estudiantado mostró el desarrollo de estas habilidades. La utilización de la realidad aumentada como estrategia didáctica complementaria permitió, al ser el medio preferente de los jóvenes, arrojar como resultado un aumento en su productividad y motivación. Si bien los resultados de los instrumentos de motivación previa y posterior a la estrategia didáctica no presentaron diferencias significativas, se puede observar que el objetivo se cumplió al ser un detonador de la motivación de los alumnos tanto del aspecto intrínseco como del extrínseco, existiendo un aumento en ambos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] INEE (2017) *La educación obligatoria en México*. Informe 2017. México: INEE.
- [2] CORNEJO, C.O., SARAIVA, J.A. (2014) Enfoques de aprendizaje, autodeterminación y estrategias metacognitivas en estudiantes de pedagogía de una universidad chilena. *Ciencias Psicológicas* 79-88.
- [3] TAY, J.A.G.G., PRADEL, R.A., ANDA, J.J.M. (2014) El uso de la tecnología en la enseñanza de la anatomía en México y su comparación con la enseñanza internacional. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM* 57(3), 31-39.
- [4] VIRTUAL MEDICINE, S.R.O. (2020) *AR Anatomy* (Versión 24.34.1) [Aplicación Móvil]. Disponible en GooglePlay, https://play.google.com/store/apps/details?id=com.virtualmedicine.aranatomy&pcampaignid=web_share
- [5] BLASCO, R.Q., BLASCO, V.J.Q., TRANI, M.T. (2016) Cuestionario de evaluación motivacional del proceso de aprendizaje (EMPA). *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education* 6(2), 83-105.
- [6] TAPIA, J.A., BOSCH, M.A.M. (2010) Percepción del clima motivacional de clase en estudiantes adultos no universitarios. *Psicología Educativa. Revista de los Psicólogos de la Educación* 16(2), 115-133.
- [7] GARCÍA S.J. (2008) ¿Qué es y cómo funciona el aprendizaje basado en problemas? En VIZCARRO, C., JUÁREZ, E. (eds.) *El aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria*, pp. 3-32.
- [8] MARTÍNEZ, G., GUTIÉRREZ, A., PIÑA, G. (2007) Aprendizaje basado en problemas en la enseñanza de la medicina y ciencias de la salud. México. UNAM.
- [9] GOODE, W.J., HATT, P.K. (1996) *Métodos de investigación social*. México: Trillas.
- [10] DÍAZ-BARRIGA, Á. (2013) Guía para la elaboración de una secuencia didáctica. UNAM, México, consultada el 10(04), 1-15.
- [11] ORTEGA, J.H., FRUSCIO, M.P., LÓPEZ, D.S. (2012) *Tendencias emergentes en educación con TIC*. España, Editorial Espiral.
- [12] SÁNCHEZ, M.M., MARTÍNEZ, G.A. (2020) *Evaluación del y para el aprendizaje: instrumentos y estrategias*. Ciudad de México, UNAM.
- [13] RAMÍREZ, P.A.V. (2022) *Aprendizaje basado en problemas en el desarrollo de las habilidades de pensamiento científico en el tema de compuestos y elementos químicos* [Tesis Maestría, UNAM].
- [14] SÁNCHEZ, M.M., MARTÍNEZ, G.A. (2022) Estudio de caso. En ESTRADA, G.S., CASANOVA, E.R.B. (eds.) *Evaluación y aprendizaje en educación universitaria: estrategias e instrumentos*, pp. 470-472.

DESCUBRIMIENTO GUIADO DE LA TEORÍA RPECV APLICADA A MOLÉCULAS ORGÁNICAS

Almudena de la Fuente Fernández

Grupo de Didáctica e Historia, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química. Colegio Nuestra Señora de los Ángeles, Madrid.

Palabras clave: aprendizaje por descubrimiento guiado; teoría RPECV; geometría molecular; modelos moleculares.

Keywords: guided discovery learning; VSEPR theory; molecular geometry; molecular models.

Resumen

El uso de modelos moleculares facilita la aplicación de la teoría RPECV a moléculas orgánicas, proporcionando a los estudiantes una representación tangible de las distintas estructuras. Por otro lado, actualmente existen numerosas páginas web que permiten visualizar moléculas en tres dimensiones, ofreciendo una experiencia interactiva que complementa el uso de los modelos moleculares. En este trabajo se describe una experiencia didáctica realizada con alumnado de 1º de Bachillerato en la cual, mediante descubrimiento guiado, se emplearon los citados recursos como medio para lograr un aprendizaje significativo de la geometría molecular y fomentar el desarrollo de la competencia científica.

Abstract

The use of molecular models facilitates the application of VSEPR theory to organic molecules, providing students with a tangible representation of the different structures. On the other hand, there are currently numerous web pages that allow molecules to be viewed in three dimensions, offering an interactive experience that complements the use of molecular models. This work describes a didactic experience carried out with 11th grade students in which, through guided discovery, the aforementioned resources were used as a means to achieve significant learning of molecular geometry and promote the development of scientific competence.

INTRODUCCIÓN

Son numerosas las investigaciones que avalan las bondades del aprendizaje por descubrimiento guiado en la enseñanza de las ciencias. Esta metodología requiere, de acuerdo con Jansen y col. [1], que el docente proporcione unas pautas determinadas que faciliten el proceso de descubrimiento. De este modo, Leutner [2] constató que se lograba una mayor motivación del alumnado y un aprendizaje más significativo respecto al aprendizaje por descubrimiento puro. Asimismo, Hurtado [3] observó un aumento significativo en la percepción del impacto del propio esfuerzo por parte de los estudiantes con los que se seguía esta estrategia de aprendizaje frente a otras metodologías activas.

En la experiencia didáctica descrita en este trabajo se aplicaron los principios básicos del descubrimiento guiado para el aprendizaje de la teoría de repulsión de pares de electrones de valencia (RPECV) y su aplicación a sustancias orgánicas mediante el uso de modelos moleculares físicos y virtuales. El empleo de modelos moleculares en el aula está ampliamente respaldado por la bibliografía referente a la didáctica de la química, ya que favorece la comprensión del enlace químico promoviendo el cambio conceptual frente a las concepciones alternativas, como destacan Barnea y Dori [4]. Además, Tudela [5] señala que estas herramientas contribuyen a lograr un aprendizaje significativo de la teoría RPECV frente al aprendizaje memorístico de formas moleculares y ángulos de enlace. Por su parte, Stull y col. [6] inciden en la adquisición de la competencia “representacional”,

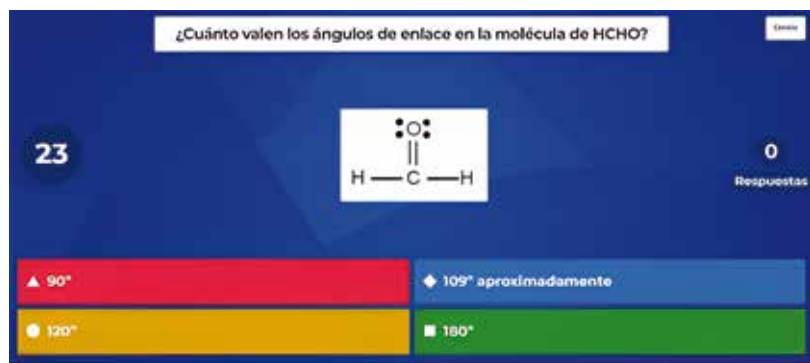
de forma que el empleo de estos modelos compensa posibles dificultades en la visión espacial. Además, Marcano [7] enfatiza el impacto motivacional que generan, al fomentar la creatividad y la participación por parte de los estudiantes.

DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA DIDÁCTICA

La experiencia que se describirá a continuación se desarrolló en enero de 2024 con 20 estudiantes de 1º de Bachillerato de la modalidad de Ciencias y Tecnología del colegio Nuestra Señora de los Ángeles de Madrid. Para la realización de las tareas asignadas, el alumnado se distribuyó en siete pequeños grupos (seis grupos de tres estudiantes y un grupo de dos estudiantes). Los saberes básicos relacionados con la actividad están contenidos en dos de los bloques del currículo de Física y Química para el primer curso de Bachillerato que regula la LOMLOE [8,9]: "A. Enlace químico y estructura de la materia" y "C. Química orgánica". El alumnado ya tenía conocimientos previos acerca del enlace covalente, las estructuras de Lewis y las reglas de la IUPAC para formular y nombrar hidrocarburos, compuestos oxigenados y compuestos nitrogenados. No obstante, cabe destacar que, si bien es en 2º de Bachillerato cuando el currículo incluye dentro de los saberes básicos el uso de modelos moleculares y las técnicas de representación 3D de moléculas, se consideró pertinente incluir en este primer curso dichos contenidos, dado que el alumnado ya cuenta con los conocimientos previos necesarios y se dispone de más tiempo para el desarrollo de metodologías activas.

La actividad se llevó a cabo a lo largo de cinco sesiones con la siguiente temporalización:

- En la primera sesión, los alumnos respondieron a un pretest elaborado mediante la plataforma *Kahoot!* para cotejar sus ideas previas en relación con la geometría molecular; contenido que no había sido desarrollado al estudiar el enlace covalente. Los compuestos incluidos en la prueba de evaluación inicial fueron metano, metanal, cianuro de hidrógeno, amoníaco, borano, agua, hidruro de berilio, eteno, etanal y metilamina; en todos los casos se facilitaban las estructuras de Lewis correspondientes y cuatro opciones de respuesta, con un límite de tiempo de 30 segundos por pregunta (60 s en los dos últimos casos); en la **figura 1** se muestra la captura de pantalla de una de las preguntas planteadas. Tras finalizar el cuestionario, se organizaron los grupos y se informó de la secuencia de actividades; las instrucciones se publicaron a través de la plataforma *Google Classroom*, como se indica en la **figura 2**.



- La segunda sesión comenzó con la distribución de una ficha a cada grupo con los nombres de las diez sustancias orgánicas (hidrocarburos, compuestos oxigenados y compuestos nitrogenados) asignadas y de la plantilla –a rellenar con nombre, fórmula semidesarrollada, fórmula

Figura 1. Ejemplo de pregunta sobre geometría molecular empleada en pretest y posttest.

Geometría de las moléculas orgánicas

ALMUDENA DE LA FUENTE FERNÁNDEZ • 15 ene (Última modificación: 19 ene)

10 puntos

Fecha de entrega: 22 ene, 23:59

- Escribir en la plantilla los nombres y fórmulas (semidesarrollada, molecular y desarrollada/diagrama de Lewis) de las diez moléculas asignadas.
- Elaborar dichas moléculas a través de la página https://phet.colorado.edu/sims/html/build-a-molecule/latest/build-a-molecule_all.html ("sala de exploración") y visualizarlas en 3D (modelo de bolas y varillas). Hacer una captura de pantalla de cada molécula en 3D.
- Construir las moléculas con plastilina y palillos. Hacer una fotografía de cada molécula.
- A partir de las moléculas construidas, representar en la plantilla sus geometrías e indicar los ángulos de enlace.
- Elaborar un PowerPoint con una diapositiva por molécula siguiendo el modelo adjunto (imagen de la plantilla completa, captura de pantalla del modelo 3D y fotografía de la molécula construida).

Figura 2. Instrucciones entregadas al alumnado acerca del trabajo a realizar.

empírica, diagrama de Lewis, geometría molecular; ángulos de enlace, captura de pantalla del modelo virtual y fotografía del modelo molecular construido— que debían completar para cada compuesto; en la **figura 3** se muestran cuatro ejemplos de las fichas entregadas. Cada grupo disponía de un ordenador portátil para elaborar los modelos moleculares virtuales de los compuestos que les habían correspondido a través de la página web *Phet Colorado* e ir rellenando su plantilla. La **figura 4** corresponde a dos capturas de pantalla de dicha página en las que se observa la construcción de una de las moléculas junto con su estructura tridimensional en un modelo de bolas y varillas que el programa elabora y permite girar libremente.



Figura 3. Ejemplos de fichas de compuestos distribuidas a los grupos.

- En la tercera sesión, los grupos de estudiantes elaboraron los mismos modelos moleculares de la sesión anterior. Se distribuyó a cada grupo plastilina negra, blanca, roja y azul junto con un lote de palillos, de forma que pudieran reproducir las moléculas a partir de las imágenes de los modelos virtuales respetando sus geometrías, tal y como se observa en las fotografías de la **figura 5**. La docente fue observando el trabajo de los grupos, orientándoles y haciendo énfasis en la correcta disposición de los enlaces en el espacio.
- La cuarta sesión se inició con una puesta en común, de forma que, a partir de las geometrías moleculares observadas en las moléculas estudiadas, el alumnado pudiera deducir los principios básicos de la teoría RPECV. De este modo, se fueron mostrando a la clase algunos de los modelos moleculares y observando las disposiciones lineales, trigonales y tetraédricas de los pares de electrones, especificando en cada caso los ángulos de enlace correspondientes. Además, se añadió una explicación teórica por parte de la profesora de los diagramas de cuñas y ángulos de enlace; así, cada grupo pudo completar la actividad correspondiente a la representación sobre el papel de la geometría molecular y los ángulos de enlace de sus compuestos.
- Por último, en la quinta sesión se distribuyó de nuevo un ordenador portátil por grupo para la elaboración de las presentaciones en las que cada diapositiva debía corresponder a una molécula siguiendo las instrucciones dadas inicialmente; en la **figura 6** se muestra a modo de ejemplo una de

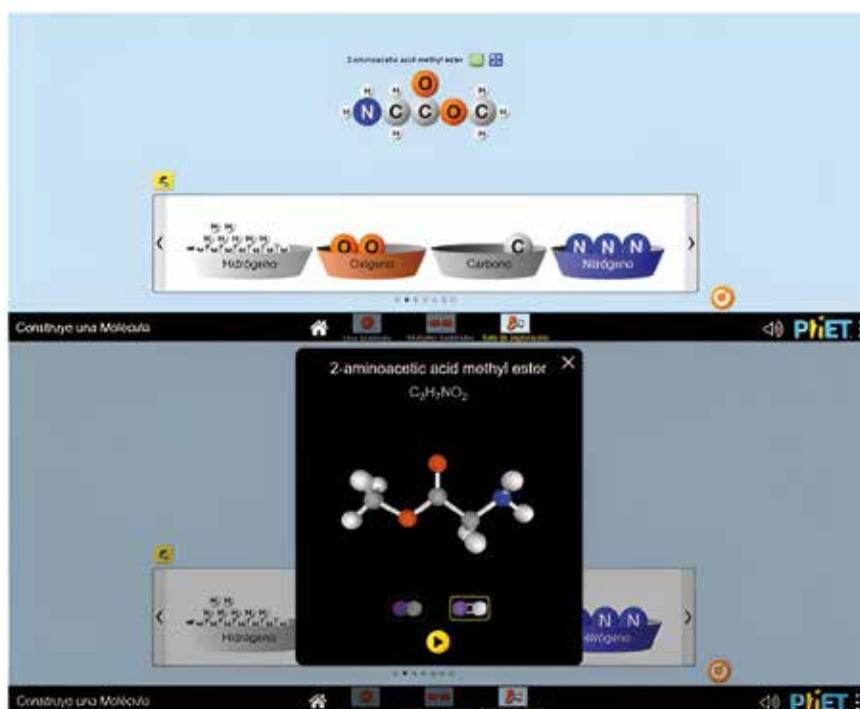


Figura 4. Ejemplo de construcción de una molécula a través de la página web *Phet Colorado*.

las diapositivas elaboradas por los estudiantes. La sesión finalizó con un postest en el que se repetían las preguntas de la evaluación inicial y un cuestionario de evaluación de la actividad a través de la aplicación Google Forms.



Figura 5. Imágenes de estudiantes elaborando modelos moleculares en el aula.

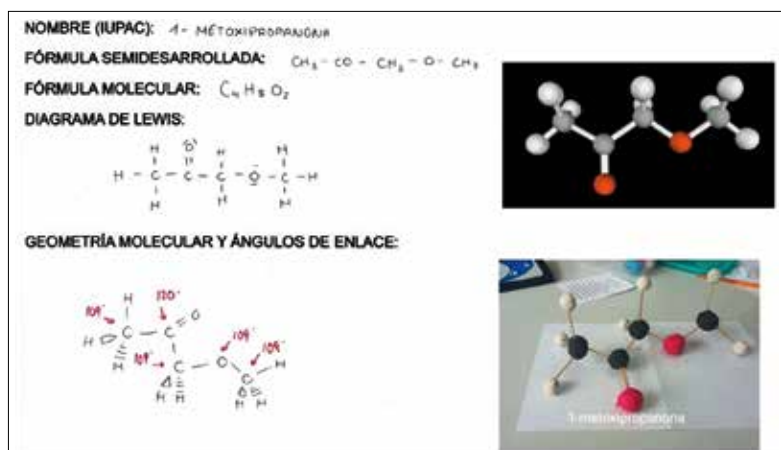


Figura 6. Ejemplo de una diapositiva elaborada por un grupo de estudiantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar los resultados del pretest se constató que el conjunto del grupo desconocía los principios básicos relacionados con la geometría molecular; con una puntuación media de 2,9 puntos sobre 10 y un 85% del alumnado con menos de 5 respuestas acertadas. Tras la experiencia realizada en el aula, esta puntuación se elevó casi 5 puntos, con una puntuación media de 7,7 puntos y, como se puede observar en la **figura 7**, un 55% de los estudiantes alcanzó una puntuación de 9 o 10, mientras que solo un 10% obtuvo menos de 6 puntos. Estos resultados revelan un aprendizaje satisfactorio de los conceptos trabajados por parte de la gran mayoría de los participantes.

El análisis pormenorizado de las distintas preguntas que se muestra en la **figura 8** pone de manifiesto que los compuestos en los que se detecta un menor número de respuestas correctas en el postest son el amoníaco (pregunta 4, con un 60% de aciertos), el agua (pregunta 6, con un 70% de aciertos) y el eteno (pregunta 8, con un 70% de aciertos). En los dos primeros casos, a pesar de tratarse de moléculas muy sencillas, las respuestas incorrectas revelan que algunos alumnos no habían llegado a comprender el papel de los pares de electrones no enlazantes, ausentes en la mayoría de las moléculas orgánicas con las que habían trabajado. No obstante, en general los estudiantes parecen haber asimilado los principios básicos de la teoría RPCEV.

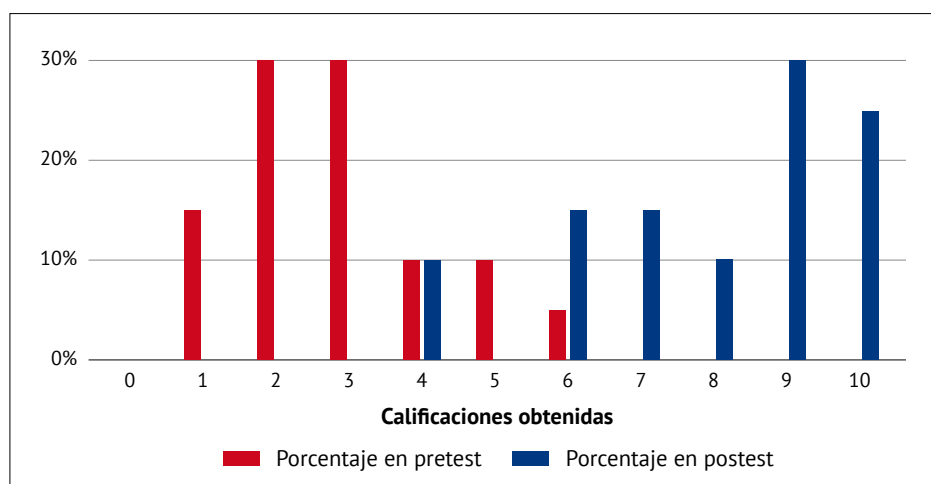


Figura 7. Comparación entre las calificaciones obtenidas en el pretest y el postest.

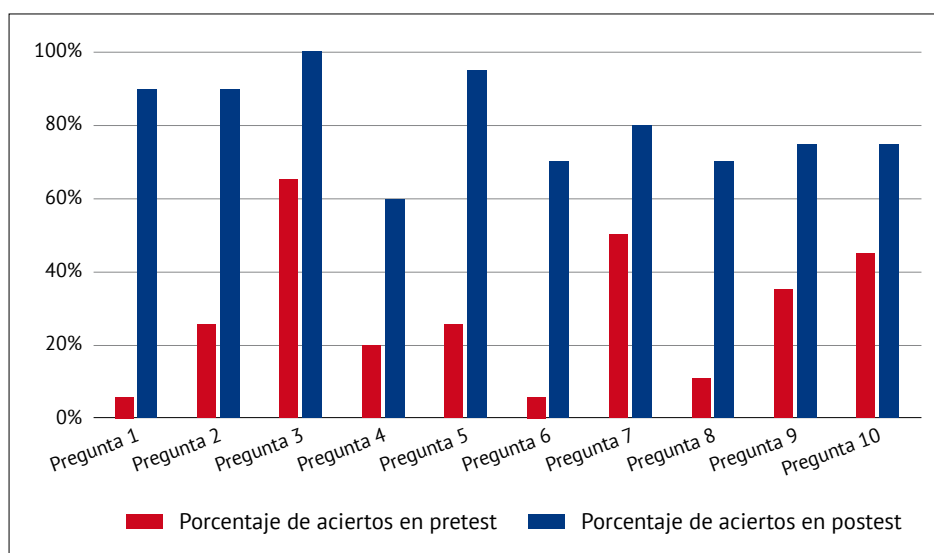


Figura 8. Comparación entre los porcentajes de respuestas acertadas en cada una de las preguntas del pretest y el posttest.

También se analizaron las tareas realizadas por los grupos, ejecutadas de forma sobresaliente por parte de todos ellos; solo se detectaron algunos errores puntuales en la representación de los diagramas de cuñas, siendo correctos en todos los casos los ángulos de enlace indicados. Aunque estos resultados podrían estar en contradicción con los errores observados en el posttest, hay que tener en cuenta que los trabajos eran grupales y esto podría encubrir las carencias individuales de algunos de los estudiantes.

Por último, en relación con la evaluación de la actividad, en la **figura 9** se muestra un resumen de las respuestas dadas por el alumnado para los cinco ítems evaluados. En ella se ponen de manifiesto los elevados índices de satisfacción con el aprendizaje conseguido –con un 80% de los participantes que declara haber aprendido mucho–, además de su impacto motivacional– un 90% dice haber disfrutado mucho construyendo manualmente las moléculas y un 85% afirma lo mismo en relación con las herramientas digitales–, junto con un unánime interés en realizar más actividades similares en el aula.

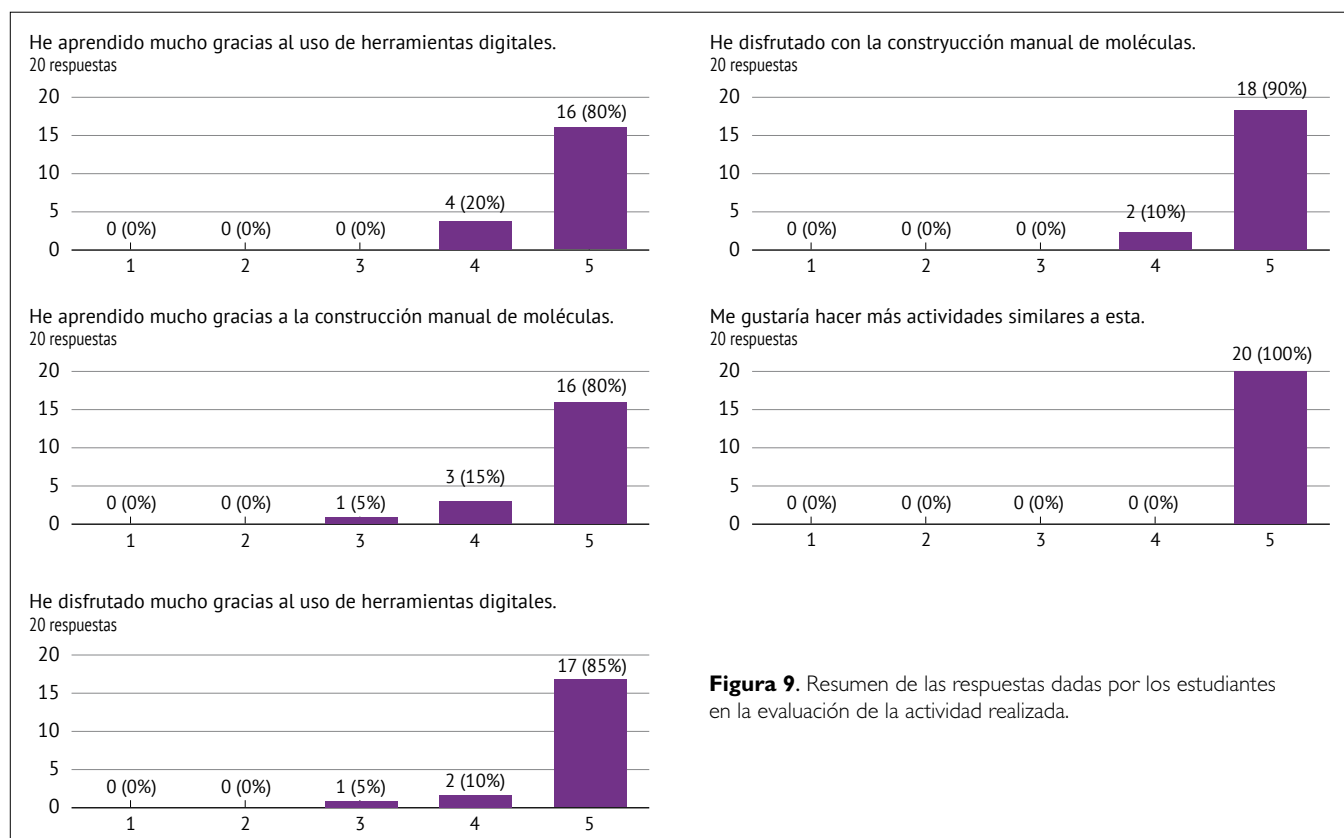


Figura 9. Resumen de las respuestas dadas por los estudiantes en la evaluación de la actividad realizada.

CONCLUSIONES

Como se deduce de lo que se ha comentado en la discusión de los resultados, la experiencia didáctica realizada ha resultado muy satisfactoria. De acuerdo con las conclusiones de otros estudios previos, la aplicación simultánea del aprendizaje por descubrimiento guiado [2,3] y el empleo de modelos moleculares [4,7] han favorecido el aprendizaje significativo de los contenidos trabajados en el aula y un aumento de la motivación de los estudiantes. Además, en consonancia con las aportaciones de Stull y col. [6], se puede afirmar que, en general, los participantes en la experiencia han adquirido una adecuada competencia “representacional”. También cabe destacar que la actividad ha contribuido al desarrollo del pensamiento científico, ya que los propios estudiantes, guiados por la docente, han sido capaces de elaborar una teoría a partir de las observaciones realizadas [1].

No obstante, también se han detectado algunas limitaciones, como es el caso ya apuntado de la comprensión parcial –detectado en la evaluación individual, pero no en los trabajos grupales– del papel de los pares no enlazantes en la geometría molecular. Por otro lado, se observaron deficiencias en la elaboración de explicaciones orales por parte de algunos alumnos.

Por todo ello, se podrían esbozar algunas propuestas de mejora de cara a la repetición de esta actividad u otras similares. Por un lado, las dificultades encontradas en la asimilación de algunos conceptos de la teoría RPECV se podrían subsanar desarrollando previamente una experiencia análoga con moléculas inorgánicas. Además, sería conveniente la asignación de roles dentro de los grupos de trabajo, de modo que cada miembro del grupo se especializara en una de las tareas –modelos virtuales, construcción manual de moléculas o representación gráfica– y se encargase de explicar a sus compañeros de grupo la forma de realizarla; así, cada uno asumiría una responsabilidad individual que mejoraría su aprendizaje y evitaría que el peso del trabajo recayera sobre los alumnos de mejor rendimiento académico. Por último, la exposición por parte del alumnado de los trabajos realizados contribuiría a mejorar su competencia en comunicación oral de resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] JANSSEN, F.J., WESTBROEK, H.B., VAN DRIEL, J.H. (2014) How to make guided discovery learning practical for student teachers. *Instructional Science* 42, 67-90.
- [2] LEUTNER, D. (1993) Guided discovery learning with computer-based simulation games: Effects of adaptive and non-adaptive instructional support. *Learning and instruction* 3, 113-132.
- [3] HURTADO OSORIO, G.E. (2015) Efecto de las estrategias didácticas activas en las actitudes hacia la química y su interacción con el estilo cognitivo. *Diversitas: Perspectivas en Psicología* 11, 245-259.
- [4] BARNEA, N., DORI, Y.J. (1996) Computerized molecular modeling as a tool to improve chemistry teaching. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences* 36, 629-636.
- [5] TUDELA, D. (2003) Introducción a la geometría molecular utilizando plastilina y palillos. En PINTO CAÑÓN, G. (ed.) *Didáctica de la Química y Vida Cotidiana*. Madrid, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la U.P.M., pp. 225-233.
- [6] STULL, A.T., GAINER, M., PADALKAR, S., HEGARTY, M. (2016) Promoting representational competence with molecular models in organic chemistry. *Journal of Chemical Education* 93, 994-1001.
- [7] MARCANO, K.A. (2021). Uso de modelos moleculares para la enseñanza del enlace químico: impacto académico estudiantil. *Revista Educación Las Américas* 11(2) doi: 10.35811/rea.v11i2.156
- [8] (2022) REAL DECRETO 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, núm. 82, de 6 de abril de 2022.
- [9] (2022) DECRETO 64/2022, de 20 de julio, del Consejo de Gobierno, por el que se establecen para la Comunidad de Madrid la ordenación y el currículo del Bachillerato. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, núm. 176 de 26 de julio de 2022.

TRABAJAR EL CICLO CELULAR EN 4º DE ESO CON OBJETOS DIGITALES EDUCATIVOS (ODE) ABIERTOS, ACCESIBLES Y BILINGÜES ESPAÑOL-INGLÉS

Rafael Miguel Maroto Gamero, Noelia Sánchez Sánchez

Profesores de Biología y Geología de Enseñanza Secundaria. Asesores Técnico Docentes CTIF Norte. S.G. de Programas de Innovación y Formación del Profesorado. Consejería de Educación, Ciencia y Universidades de la Comunidad de Madrid. rmaroto@educa.madrid.org / nsanchezsanchez@educa.madrid.org

Palabras clave: objeto digital educativo; recurso educativo abierto; *eXeLearning*; competencia digital docente; biología y geología; ciclo celular.

Keywords: digital learning object; open educational resource; *eXeLearning*; digital competence for educators; Dig-CompEdu; biology and geology; cell cycle.

Resumen

La presente comunicación muestra una serie de Objetos Digitales Educativos para la materia de Biología y Geología de 4º de ESO donde se trabajan los contenidos del ciclo celular. Han sido creados con la herramienta de autor *eXeLearning*, que permite diseñar recursos educativos abiertos. Para su elaboración se plantea, siguiendo los estándares requeridos, el diseño universal del aprendizaje con el fin de hacerlos accesibles a todo el alumnado atendiendo a sus diferencias individuales. Asimismo, con el objeto de facilitar su uso en centros bilingües, están implementados por duplicado en castellano y en inglés. Todos los recursos se componen de la misma estructura y con una secuencia didáctica diseñada para ser aplicada con total autonomía del alumnado.

Abstract

The article showcases a series of Digital Learning Objects for Biology and Geology subject in 4th year of ESO, focusing on cell cycle content. They were created using the authoring tool *eXeLearning*, which allows the design of open educational resources. The approach taken for their design, following the required standards, is based on Universal Design for Learning principles to make them accessible to all students, considering their individual differences. Additionally, to enforce in bilingual schools, the resources are implemented in both Spanish and English. All resources follow the same structure and a didactic sequence designed for self-learning.

INTRODUCCIÓN

Desde enero de 2022 en el que se publica el Marco de Referencia de la Competencia Digital Docente (MRC-DD) [1] estamos inmersos en una transformación tanto digital como metodológica de los centros educativos de todos los niveles previos a la universidad. El objetivo principal de la misma es la mejora de la competencia digital docente (CDD) y la repercusión en el desarrollo de la propia competencia digital del alumnado y su empoderamiento en relación al compromiso activo del estudiante con su propio aprendizaje. Una evidencia de acreditación de la competencia en el nivel C1, en el ámbito de la Comunidad de Madrid, consiste en ser creador de al menos tres objetos digitales educativos (ODE) y publicarlos con unos parámetros estandarizados por la Comunidad de Madrid en repositorios de libre distribución [2]. El repositorio impulsado por la Comunidad de Madrid se denomina *creAtum* y previsiblemente estará en funcionamiento a partir de septiembre de 2004, estando actualmente en los procesos de creación y revisión de ODE que los docentes están aportando (toda la información se podrá consultar desde [3]). Las normas y criterios para la realización de los ODE han sido

publicados en la Guía para la creación de ODE con eXeLearning para la plataforma cREAtum coordinada por Cervera y Huerta [4].

El presente documento describe cómo se han estructurado los contenidos del ciclo celular de la materia de Biología y Geología de 4º de ESO en una serie de ODE creados con la herramienta de autor eXeLearning, que permite diseñar recursos educativos abiertos (REA) que son publicables en distintos formatos y plataformas. Se han elaborado con base en el diseño universal del aprendizaje (DUA) haciéndolos accesibles a las diferencias individuales del alumnado y, además, con el objeto de facilitar su uso en centros bilingües, los recursos están implementados por duplicado en castellano y en inglés. Se parte de cuatro ODE de nivel 2 en cada idioma: Keep calm y completa... 1. el ciclo celular; 2. la interfase; 3. la mitosis, y 4. la meiosis, que finalmente se han convertido en dos ODE de nivel 3 para ser publicados en la plataforma cREAtum: Keep calm y completa... 1. el ciclo celular y la mitosis, y 2. el ciclo celular y la meiosis. Todos los recursos se componen de una misma estructura y tienen una secuencia didáctica diseñada para ser aplicada con total autonomía del alumnado. Se presentan en primer lugar los contenidos en distinto formato (texto, audio, presentaciones interactivas y vídeo subtítulado) de forma breve y concreta, seguido de una serie de actividades interactivas, y se termina con un proyecto final dando una visión conjunta de la temática.

COMPETENCIA DIGITAL DOCENTE

El MRCDD define la CDD como *“la integración de conocimientos, destrezas, habilidades y actitudes que han de ponerse simultáneamente en juego para desempeñar sus funciones implementando las tecnologías digitales y para resolver los problemas e imprevistos que pudieran presentarse en una situación singular concreta como profesionales de la educación”* [1]. Esta definición implica no solo una transformación digital en las aulas, sino también una modificación de las estrategias metodológicas que se desarrollan en ella.

La finalidad última del programa *CompDigEdu*, articulado desde el Ministerio de Educación en colaboración con las Comunidades Autónomas, es la de mejorar el desarrollo de la competencia digital del alumnado y el uso de las tecnologías digitales en el aprendizaje a través del desarrollo de dicha competencia digital del profesorado, tanto individual como colegiada [5].

Para que los docentes puedan identificar el nivel de CDD en el que se encuentran, el MRCDD concreta para cada competencia las descripciones específicas de las etapas y niveles, completadas con indicadores de logro y afirmaciones sobre su desempeño. De esta manera se establecen 3 etapas divididas en 2 niveles cada una:

- La primera etapa es la de **ACCESO** y se encuentra dentro del ámbito de **análisis individual** del docente: niveles **A1** y **A2**.
- La segunda etapa es la de **EXPERIENCIA** implica al docente en su **trabajo en el aula**: niveles **B1** y **B2**.
- La tercera etapa es la de **INNOVACIÓN** en el propio centro (nivel **C1**) o fuera de su centro (nivel **C2**).

OBJETOS DIGITALES EDUCATIVOS

Primeramente resulta necesario definir y comprender a qué nos referimos cuando hablamos de ODE. Se trata de recursos educativos abiertos (REA), lo que implica que su contenido tiene un uso educativo publicado con licencia libre, permitiendo su **reutilización, adaptación, modificación y difusión gratuita**. En definitiva, los ODE ofrecen recursos de fácil difusión y motivadores.

Como se puede observar, los ODE permiten adaptar los contenidos educativos a las necesidades individuales de los estudiantes, promoviendo una educación inclusiva. Asimismo, ofrecen una variedad de formatos (texto, audio, presentaciones interactivas, vídeos subtítulados...) que capturan la atención del alumnado y fomentan su participación activa; la interactividad es clave para mantener el interés y mejorar la retención de información. Al proporcionar recursos que los estudiantes pueden utilizar de manera autónoma, los ODE fomentan el aprendizaje autodirigido, siendo crucial para el desarrollo de habilidades de autoaprendizaje y gestión del tiempo. Finalmente, permiten una evaluación continua y personalizada del progreso del discente, ya que las actividades interactivas y los proyectos finales proporcionan retroalimentación inmediata, lo que ayuda a identificar áreas de mejora y a reforzar el aprendizaje.

De las diversas herramientas que permiten crear ODE, desde la Comunidad de Madrid, al igual que el INTEF y otras Comunidades, se ha seleccionado eXeLearning [6] al ser un editor de recursos educativos interactivos

gratuito y de código abierto y que facilita la creación de recursos accesibles y adaptables al compartir el fichero original. Algunas de las funcionalidades que se pueden integrar en el ODE para enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje son:

- **Simulaciones interactivas.** Las simulaciones permiten a los estudiantes explorar conceptos complejos de manera visual.
- **Infografías y mapas conceptuales.** Estos recursos gráficos resumen información clave de manera concisa, pudiendo ayudar al alumnado a comprender mejor los conceptos.
- **Videos educativos.** Los ODE pueden incluir vídeos explicativos sobre temas específicos, que además pueden hacerse interactivos con preguntas en distintas partes del mismo.
- **Juegos educativos.** Los juegos pueden ser integrados en los ODE de forma efectiva para hacer partícipes a los discentes de su aprendizaje de una forma lúdica y motivadora.
- **Bancos de preguntas y ejercicios.** Los ODE pueden contener preguntas de opción múltiple, ejercicios prácticos y problemas para que los estudiantes practiquen y evalúen su comprensión.

Podemos clasificar los ODE según la complejidad que presenten; en este sentido es habitual considerar 4 tipos de agregación para los ODE [4]:

- **Nivel 1: Objeto Básico (OB).** Son ODE muy básicos con objetos de poca granularidad y sin funcionalidad didáctica explícita ni cobertura curricular específica.
- **Nivel 2: Objeto de Aprendizaje (OA).** Compuestos por varios objetos del nivel 1 que le confieren una función didáctica explícita, incluyendo actividades de aprendizaje y evaluación, mapas conceptuales y sistemas de evaluación de conocimientos previos.
- **Nivel 3: Secuencia Didáctica (SD).** Colección de objetos de nivel 2 (y a veces de nivel 1). Incluyen actividades de aprendizaje y evaluación, y mapas conceptuales. Este sería el nivel mínimo para poder ser incluido en la plataforma cREatum.
- **Nivel 4: Programa de Formación (PF).** Este nivel representa una mayor granularidad, como un conjunto de cursos que forman un recurso educativo único que abarca un área de conocimiento completa. Se componen de una colección de objetos de nivel 3 (y a veces de nivel 2 y 1).

INICIO DEL PROYECTO. ODE DE NIVEL 2

El origen del proyecto colaborativo “Keep calm y completa...” surge de las inquietudes de una de las autoras para incrementar la motivación del alumnado hacia el aprendizaje de los contenidos relativos al ciclo celular; integrando de forma adecuada las TIC en el aula y atendiendo a la diversidad de los estudiantes [7]. Dentro de las actuales labores docente-profesionales del programa *CompDigEdu* en el que los autores están inmersos, se brinda la oportunidad de desarrollar la parte creativa como docentes colaborando en la creación de contenidos para el repositorio de la plataforma *cREatum*. Dentro de las instrucciones iniciales se plantea la realización de 4 objetos de aprendizaje (ODE de nivel 2) siguiendo la estética, filosofía y enfoque didáctico de la plataforma para el autoaprendizaje *GoodHabit* [8], con cursos con contenidos muy concretos, visuales y que favorecen la motivación y desarrollo competencial de los estudiantes. Asimismo, desde el programa *CompDigEdu* se proporcionan las plantillas y estilos necesarios para que todos los productos sigan los mismos criterios estéticos.

Basado en estas premisas, y viendo la oportunidad de darle continuidad al proyecto “Keep calm y completa...” profundizando en el enfoque TIC y sin perder el enfoque motivador del aprendizaje, se decide hacer los 4 ODE para la materia de Biología y Geología de 4º curso de ESO, con eje central en el ciclo celular y siguiendo el diseño universal del aprendizaje (DUA). Asimismo, se considera importante aportar contenidos que puedan ser utilizados en centros bilingües, por lo que se desarrollan un total de 8 ODE, 4 en inglés y 4 en castellano:

- 1. Keep calm y completa el ciclo celular.
- 2. Keep calm y completa la interfase.
- 3. Keep calm y completa la mitosis.
- 4. Keep calm y completa la meiosis.

Los 8 recursos tienen una estructura similar; de manera que permita a los estudiantes seguir la misma rutina de trabajo. Se compone de 5 nodos o páginas que se muestran y ocultan desde el menú lateral izquierdo (**Figura 1**): “resumen”, “secuencia didáctica”, “evaluación”, “descarga del fichero fuente” y “créditos”.

El resumen contiene una imagen motivadora que al pinchar sobre ella abre un vídeo subtulado donde se introducen los contenidos que se van a trabajar; y una infografía resumen del mismo.

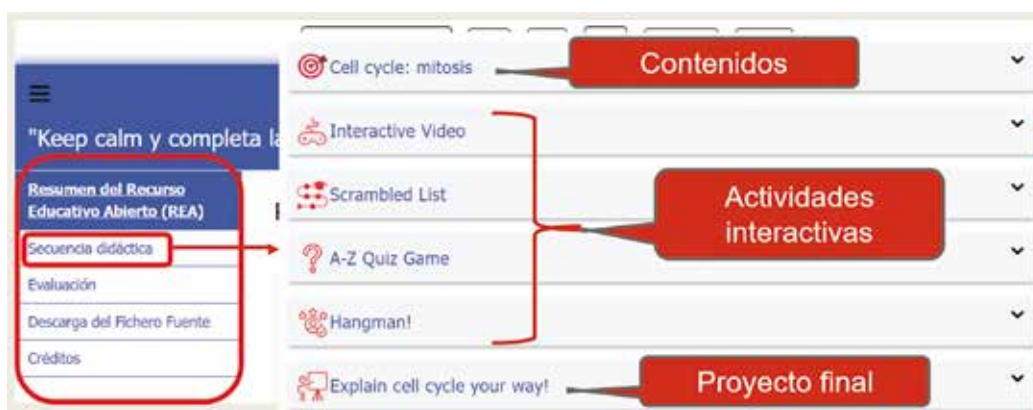


Figura 1. Menú lateral con las secciones del ODE y la estructura de la secuencia didáctica (Elaboración propia).

La secuencia didáctica, núcleo central del aprendizaje del alumnado, se encuentra estructurada en 3 bloques: contenidos, actividades interactivas y el proyecto final (figura 1). El primer bloque, que contiene los contenidos que se van a trabajar en el ODE, presenta una infografía interactiva estructurada en 4 secciones (**figura 2**): en la primera y en la segunda se hace una introducción escrita del contenido, básico y avanzado respectivamente, añadiendo audio a los mismos para facilitar la accesibilidad; en la tercera se presenta un vídeo de *Youtube* que globaliza la explicación; y en la cuarta se muestra una presentación interactiva de *Genially*.

Con respecto a las actividades interactivas, se proponen un total de 4 en cada uno de los ODE (figura 1) para que el alumnado se ponga a prueba y conozca su nivel de adquisición de los conocimientos trabajados. Las tres primeras han sido creadas utilizando los distintos juegos y actividades interactivas que permite eXelearning (vídeos interactivos,



Figura 2. Elementos que se muestran en la sección de contenidos (Fuente: Elaboración propia).



Figura 3. Ejemplo de actividad interactiva: Rosco de palabras de eXeLearning (Elaboración propia).

ordenar listas de frases o palabras, rosco de palabras (**figura 3**), crucigramas, sopas de letras, etc.), y la última integra un juego interactivo creado con *Wordwall* [9].

Finalmente, se propone un proyecto que engloba lo aprendido en los 4 ODE, donde tendrán que construir una rueda del ciclo celular que se irá complementando en cada uno de los ODE, debiendo grabar un vídeo de manos explicando la misma al completar el último.

Cada uno de los ODE se complementa con las páginas de evaluación, con una lista de verificación con la que se va a evaluar el trabajo, de descarga del fichero fuente, para que otros docentes puedan usarlo o modificarlo según la licencia como recurso abierto, y de créditos y reconocimiento de autoría del mismo y los recursos utilizados.

Utilizando como base el DUA, se ha incorporado una serie de elementos de accesibilidad (**figura 4**) que permitan la utilización de los ODE según las diferencias individuales del alumnado.



Figura 4. Elementos de accesibilidad con los que cuentan los ODE siguiendo el DUA (Fuente: elaboración propia).

En primer lugar, se ha incorporado la barra de accesibilidad para la web *BatexeGo* [10], que permite seleccionar fuentes de texto accesibles, aumentar o disminuir el tamaño del texto, traducir la página o leer en voz alta una página o un texto. Además, se han incorporado audios a los distintos textos que hay en los ODE, para facilitar su uso a personas con algún tipo de discapacidad visual. Los vídeos de creación propia se han subtitulado para facilitar el seguimiento a alumnado con discapacidad auditiva y, tanto en inglés como en castellano, para facilitar el seguimiento de los mismos por estudiantes con dificultades con el idioma correspondiente. Asimismo, se han utilizado imágenes con buena calidad y con un texto explicativo al pasar el cursor por encima,

incorporando además el efecto *lightbox* que las amplía al pinchar sobre ellas. Finalmente, todos los vínculos que aparecen en los ODE se abren en ventana nueva evitando las salidas del mismo.

EVOLUCIÓN Y CONCRECIÓN DEL PROYECTO. ODE DE NIVEL 3

Para cumplir los estándares de calidad que exige el repositorio de *cREAtum* los ODE anteriormente explicados, de nivel 2, tienen que ser transformados a ODE de nivel 3 siguiendo las pautas de la guía *cREAtum* y la adaptación a las nuevas plantillas que en ella se incluyen. Para ello deben incluir una ficha técnica e introducción, una guía didáctica y evaluación del propio ODE, contenidos de aprendizaje que abarquen una parte o unidad de programación completa, actividades y tareas, recursos y espacios, herramientas y técnicas de evaluación, herramientas digitales, licencias abiertas, metadatos, y descarga y créditos [4]. Para poder elevar los ODE de nivel 2 al 3 se puede optar por la acumulación, uniendo varios ODE de nivel 2, o por enriquecimiento, añadiendo contenidos y actividades a los ya creados. Con el objetivo de ayudar a los docentes en el diseño y creación de ODE, desde el proyecto *CompDigEdu* se ha desarrollado una "Guía visual para crear ODE para *cREAtum*" [11] a la que se puede acceder con el usuario de *EducaMadrid* (automatricula1234).

En el caso que nos ocupa, se ha optado por utilizar la estrategia de agregación de varios ODE de nivel 2, que previamente ya conformaban situaciones de aprendizaje autoconclusivas, añadiendo algunas modificaciones necesarias para dotar de coherencia el itinerario de aprendizaje del estudiante, así como añadir las secciones que faltaban hasta completar los requisitos necesarios. Como resultado se han obtenido dos ODE de nivel 3: *Keep calm* y *completa...*

1. el Ciclo celular y la mitosis.
2. el Ciclo celular y la meiosis.

Ambos ODE siguen un itinerario de aprendizaje conformado por tres situaciones de aprendizaje y un proyecto final, siendo uno de las características más relevantes desde el punto de vista pedagógico el que cada una de las situaciones de aprendizaje explora contenidos concretos pero conectados entre sí (en el primer ODE se tratan saberes básicos relacionados con: el ciclo celular; la interfase y la mitosis y para el segundo: el ciclo celular; la interfase, y la meiosis).

Las principales modificaciones que ha sido necesario incluir con el objetivo de obtener ODE de nivel 3 de agregación, partiendo de los originales de nivel 2, han sido las siguientes:

- Añadir una guía didáctica detallando las referencias curriculares, la metodología y la temporalización y relación con la programación.

Las referencias curriculares comprenden las competencias específicas, los criterios de evaluación, los saberes básicos, la vinculación con las competencias clave y la contribución a los objetivos de etapa que vienen establecidos en el Decreto 65/2022, de 20 de julio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid la ordenación y el currículo de la etapa de Educación Secundaria Obligatoria

y 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.

- Incluir un nodo de evaluación del propio ODE con las indicaciones para poder evaluarlo en su conjunto, tanto a nivel de diseño como de implementación, e incorporando propuestas de mejora.
- Englobar varios ODE de nivel 2 para crear una secuencia didáctica con una cobertura curricular compuesta de varias situaciones de aprendizaje enlazadas dentro del mismo bloque temático de la materia. De esta manera se han incorporado las tres situaciones de aprendizaje comentadas anteriormente y el proyecto final común.

CONCLUSIONES

Los objetos digitales educativos representan una herramienta poderosa para la educación moderna. Su capacidad para personalizar, interactuar y evaluar el aprendizaje los convierte en un recurso invaluable para docentes y estudiantes. Al integrar metodologías educativas efectivas, los ODE pueden transformar la experiencia de aprendizaje y preparar a los estudiantes para un futuro digital.

Los recursos presentados han sido creados pensando en una utilización adaptable al aula presencial o al virtual, así como para uso con un enfoque de aula invertida. Basados en el currículum de la materia de Biología y Geología y en el DUA con estándares accesibles y abiertos, permiten la adaptación a las distintas capacidades del alumnado y una adaptación por parte de los docentes al ser recursos educativos abiertos.

Al tratarse de contenidos teóricos asequibles presentados de manera atractiva, estos ODE promueven la motivación y autonomía del alumnado, implicándolo en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en la autoevaluación de su propio aprendizaje, así como en su desarrollo competencial.

Por otro lado, estos ODE son una herramienta fundamental si el docente desea utilizar el enfoque pedagógico *flipped classroom*, asegurando que el proceso de aprendizaje autónomo sea posible y permitiendo el seguimiento y la retroalimentación del docente en todo momento.

Los ODE de nivel 3 presentados en este artículo ya se han validado y cumplen los estándares requeridos para ser publicados en *cREAtum* una vez que la plataforma esté en funcionamiento, por lo que a partir del curso 24/25 estarán a disposición de cualquier usuario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INTEF (2022) Marco de Referencia de la Competencia Digital Docente. Disponible en https://intef.es/wp-content/uploads/2022/03/MRCDD_V06B_GTТА.pdf
- [2] CERVERA, D. (coord.), MOHEDANO, D., RODRÍGUEZ, R. M., DÁVILA, J. A., FERRER, D., SORNICHERO, A. (2023) *Guía de evaluación de la competencia digital docente*. Curso 2023-2024. Subdirección General de Programas de Innovación y Formación del Profesorado Dirección General de Bilingüismo y Calidad de la Enseñanza. Consejería de Educación, Ciencia y Universidades. Disponible en https://dgbilinguismoycalidad.educa.madrid.org/docs/nube/D47_Guia_de_evaluacion_de_la_cdd_2023_2024_1699997490.pdf
- [3] <https://innovacionyformacion.educa.madrid.org/recursos-educativos-abiertos>
- [4] MAROTO, R. M. (2023) Formación para la competencia digital docente: el programa CompDigEdu en la Comunidad de Madrid. En DULAC, J. (ed.) *Innovación Educativa Pluma y Arroba 2022*. Aula Magna Proyecto clave McGraw Hill, pp. 207-224. ISBN: 9788419786081
- [5] CERVERA, D., HUERTA, S. (coords), TORREÑO, L., PAREJA, M. I., MAGAÑA, S. (2024) Guía para la creación de ODE con eXeLearning para la plataforma cREAtum. Subdirección General de Programas de Innovación y Formación del Profesorado Dirección General de Bilingüismo y Calidad de la Enseñanza. Consejería de Educación, Ciencia y Universidades. Disponible en https://www.educa2.madrid.org/web/educamadrid/principal/files/c95952b9-575c-4ed9-929f-631d9973393c/GuadecreaciondeODEcREAtum_2024.pdf
- [6] eXeLearning. Disponible en <https://exelearning.net/>

- [7] SÁNCHEZ, N. (2017) Keep Calm y completa el ciclo celular. En GONZÁLEZ, M., BARATAS, L.A., BRANDI, A. (eds.) *Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato: experiencias docentes y estrategias de innovación educativa para la enseñanza de la biología, la geología, la física y la química*. ISBN 978-84-141-0426-2, pp. 289-293. Disponible en <https://app.box.com/s/3gkbs7j507vmjrgp6ngclh0g59ue997e>
- [8] GoodHabitZ. Disponible en <https://goodhabitz.com/es-es/>
- [9] Wordwall. Disponible en <https://wordwall.net/es>
- [10] DE HARO, J.J. (2023) BatexeGo - Botones de accesibilidad para la web. Disponible en <https://batexego.bilateria.org/index.html> y doi:10.5281/zenodo.7602659
- [11] Guía visual para crear ODE para cREAtum. Disponible en <https://competenciadigital.educa.madrid.org/course/view.php?id=6176>

LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS A PROFESIONALES DE INMUNOLOGÍA FOMENTA EL INTERÉS Y LA MOTIVACIÓN DE LOS ESTUDIANTES POR LA ASIGNATURA DE INMUNOLOGÍA Y ANÁLISIS CLÍNICOS

Irene Martínez de Toda Cabeza, Luz María Suárez González, Natalia Guerra Pérez, Judith Félix Escalera, Gemma Valera, Julia María Carracedo Añón, Teresa Peláez Martínez, Eva María González Arana

Departamento de Genética, Fisiología y Microbiología, Facultad de CC. Biológicas, Universidad Complutense de Madrid (España). imtcabeza@ucm.es / luzsuare@ucm.es / natalgue@ucm.es / jufelix@ucm.es / gvalera@ucm.es / julcar01@ucm.es / pelaez@ucm.es / evgonzal@ucm.es

Palabras clave: innovación educativa; entrevistas profesionales; inmunología; podcast; motivación estudiantil.

Keywords: educational innovation; professional interviews; immunology; podcast; student motivation.

Resumen

El objetivo de este proyecto de innovación fue aprovechar el potencial de los podcast educativos para mejorar la enseñanza y aprendizaje de la inmunología fomentando el interés y la motivación de los estudiantes, a través de su contacto con especialistas. Los estudiantes divididos en grupos de trabajo realizaron entrevistas a biólogos expertos en inmunología y elaboraron podcast con los aspectos más destacables de la entrevista, los cuales fueron compartidos a través del campus virtual. El proyecto fue un éxito ya que el 90% de los estudiantes manifestaron estar muy satisfechos y encontraron la actividad útil para su futuro profesional.

Abstract

The objective of this innovation project was to take advantage of podcasts' potential to improve the teaching and learning of immunology by fostering students' interest and motivation through their contact with specialists. The students, divided into groups, conducted interviews with biologists who are experts in immunology and created podcasts with the interview's highlights, which were shared through the university's virtual campus. The project was successful since 90% of the students were satisfied with their involvement in the project and found it helpful for their professional future.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la inmunología, una disciplina fundamental en ciencias de la salud y biológicas, se enfrenta a desafíos significativos en la actualidad. A pesar de su importancia, los estudiantes a menudo encuentran dificultades para comprender los conceptos teóricos y conectarlos con su aplicación práctica en contextos clínicos y de investigación. Este desafío se agrava por la complejidad inherente de la inmunología, que abarca una amplia gama de procesos biológicos, interacciones celulares y moleculares, así como una constante evolución en la comprensión de la respuesta inmunitaria.

La bibliografía educativa ha identificado la necesidad de estrategias pedagógicas innovadoras para abordar esta brecha de comprensión y motivación en el aprendizaje en diversas materias [1]. Se ha destacado la importancia de integrar enfoques activos y tecnológicos que fomenten la participación estudiantil, promuevan el pensamiento crítico y faciliten la aplicación práctica de los conocimientos teóricos. En este contexto,

los podcasts emergen como una herramienta prometedora para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en disciplinas científicas y médicas, incluida la inmunología [2].

Los podcasts son programas de audio digital que ofrecen contenido educativo en formato de episodios grabados. Estos episodios pueden abordar una amplia variedad de temas, desde conferencias magistrales hasta entrevistas con expertos en un campo específico [3]. Su popularidad ha crecido exponencialmente en los últimos años debido a su accesibilidad, flexibilidad y capacidad para llegar a audiencias globales. En el ámbito educativo, los podcasts se han utilizado con éxito para complementar la enseñanza en aulas tradicionales, proporcionar recursos de aprendizaje independiente y fomentar la participación estudiantil fuera del entorno académico [4].

El presente proyecto propone aprovechar el potencial de los podcasts para mejorar la enseñanza de la inmunología a través de la creación de una serie de episodios centrados en entrevistas a expertos en el campo. Esta iniciativa se fundamenta en la premisa de que el acceso directo a la experiencia y el conocimiento de profesionales destacados en la inmunología puede enriquecer significativamente la comprensión de los estudiantes y estimular su interés por la asignatura.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El proyecto tuvo como objetivo principal mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la inmunología a través de la creación y difusión de una serie de podcasts educativos. Éstos se centraron en entrevistas a expertos en el campo de la inmunología, con el fin de proporcionar a los estudiantes una perspectiva práctica y actualizada de los conceptos y avances en esta disciplina. Los objetivos específicos del proyecto fueron los siguientes:

2.1. Facilitar la comprensión de conceptos complejos de inmunología: Los podcasts educativos ofrecen a los estudiantes una oportunidad única para explorar temas de inmunología de manera más dinámica y accesible. Al presentar la información de forma verbal y contextualizada a través de las experiencias y ejemplos proporcionados por expertos en el campo, se espera que los estudiantes mejoren su comprensión de conceptos clave y procesos inmunológicos.

2.2. Estimular el interés y la motivación de los estudiantes: La participación de expertos reconocidos en las entrevistas brinda a los estudiantes una visión privilegiada del mundo de la inmunología y sus aplicaciones prácticas. Este contacto directo con profesionales destacados en el campo tiene el potencial de despertar el interés y la motivación de los estudiantes, al mostrarles las oportunidades y desafíos que ofrece la inmunología como disciplina de estudio y carrera profesional.

2.3. Promover el pensamiento crítico y la reflexión: Los podcasts educativos fomentan el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico al enfrentar a los estudiantes con situaciones, experiencias y opiniones de profesionales que trabajan en el campo de la inmunología. A través de la discusión de temas controvertidos, dilemas éticos y aplicaciones clínicas de la inmunología, se espera que los estudiantes desarrollen la capacidad de reflexionar sobre cuestiones complejas y de formar opiniones fundamentadas.

2.4. Acercar a los estudiantes al mundo laboral: El contacto con biólogos profesionales que trabajan en el campo de la inmunología, con trayectorias bien consolidadas (investigadores principales de grupos de investigación de reconocido prestigio), con trayectorias en consolidación (postdoctorales) o investigadores al comienzo de su carrera profesional (predoctorales) brinda a los estudiantes distintos puntos de vista sobre el trabajo en el ámbito científico y académico, permitiéndoles comprender mejor las diversas etapas y retos de la carrera investigadora, así como las habilidades y competencias necesarias para desarrollarse exitosamente en cada una de ellas. Esta interacción fomenta una visión más amplia y realista del panorama laboral, inspirando a los estudiantes a explorar diferentes caminos profesionales dentro de la inmunología.

3. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

La metodología se diseñó con el objetivo de garantizar la calidad, la pertinencia y la efectividad de los podcasts educativos producidos. Esto abarca desde la planificación y preparación de los episodios hasta su integración en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la inmunología. A continuación, se describe detalladamente cada fase de la metodología.

3.1. Planificación y preparación

En esta fase inicial se llevó a cabo la selección de expertos en inmunología que participaron como invitados en las entrevistas para los podcasts y se elaboró un pequeño resumen de la trayectoria profesional y las publicaciones recientes de cada uno de ellos. Se estableció contacto con los distintos expertos y se coordinó la logística para la grabación de las entrevistas. Los estudiantes trabajaron en equipos de entre tres y cinco personas y elaboraron un guión que incluyó las preguntas y temas a abordar durante la entrevista a través de la herramienta colaborativa “Wiki” que los estudiantes tuvieron disponible en el campus virtual y que fue supervisada por un profesor. Los estudiantes incluyeron preguntas de índole profesional (sobre su trayectoria científica y sus publicaciones) y también de otros temas clave en la investigación, como es el tema de la divulgación científica.

3.2. Realización de las entrevistas

Una vez planificadas las entrevistas, se procedió a agendar con los expertos el día para llevarla a cabo. En todos los casos, las entrevistas se realizaron de forma presencial y a ellas acudieron el grupo de estudiantes asignado y el profesor responsable. Durante la entrevista, basándose en el guión previo, se permitió que la conversación fluyera de manera natural mientras se abordaban los temas propuestos. Durante la entrevista los equipos tomaron las notas oportunas, para posteriormente elaborar un resumen que incluía una introducción, un resumen de los aspectos más relevantes de las mismas y las principales conclusiones que sacaba cada equipo.

Posteriormente, los estudiantes llevaron a cabo la edición de los archivos de audio para mejorar la calidad del sonido y eliminar posibles errores o interrupciones. Esta fase de producción también incluyó la incorporación de música u otros elementos sonoros que complementaron el contenido.

3.3. Divulgación del podcast

Una vez disponibles los episodios, se integraron en el campus virtual de todos los grupos que cursaban la asignatura de inmunología como recursos de aprendizaje complementarios. Se fomentó la escucha de los episodios por parte de todos los estudiantes y se facilitó un espacio para la discusión y el intercambio de ideas sobre los temas tratados.

4. RESULTADOS DEL PROYECTO

Para valorar el grado de satisfacción con estas actividades se realizó entre los estudiantes una encuesta anónima y voluntaria el día del examen final de la asignatura. La participación de los estudiantes en la encuesta fue del 76%. Los resultados reflejaron que la metodología implementada en el proyecto de innovación docente fue un éxito y los distintos elementos evaluados se muestran en la figura 1.

4.1. Mejora en la comprensión de conceptos de inmunología

Los resultados del proyecto indican una mejora significativa en la comprensión de los conceptos de inmunología entre los estudiantes que participaron en la realización y escucha de los podcasts educativos, en cuanto a conocimientos (figura 1A) y profundización de los contenidos (figura 1B). La presentación de la información de manera contextualizada y a través de la experiencia de expertos en el campo permitió a los estudiantes conectar los conceptos teóricos con su aplicación práctica en situaciones clínicas y de investigación, lo que se reflejó en un aumento en el rendimiento académico y en la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos adquiridos en contextos diversos.

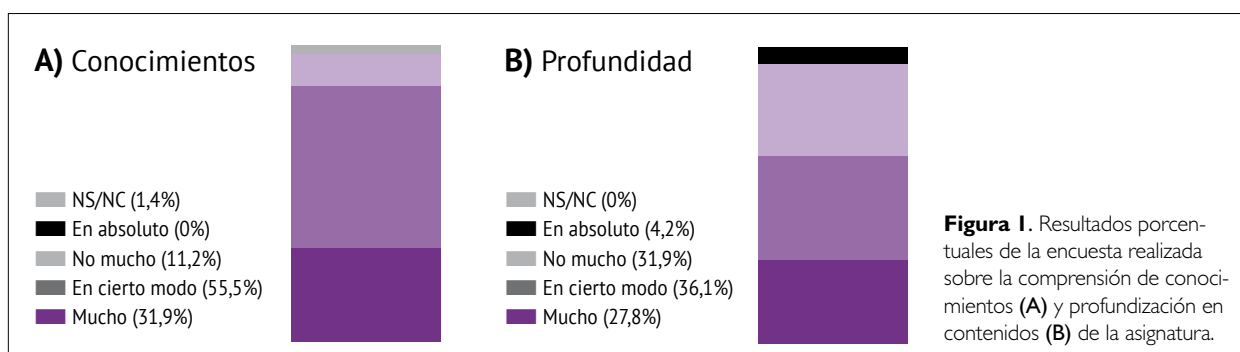


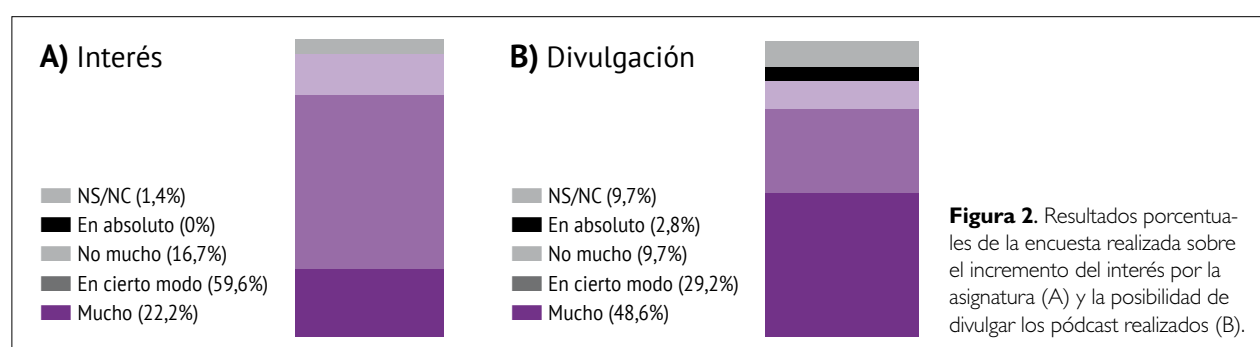
Figura 1. Resultados porcentuales de la encuesta realizada sobre la comprensión de conocimientos (A) y profundización en contenidos (B) de la asignatura.

4.2. Aumento del interés y la motivación de los estudiantes

La oportunidad de escuchar las experiencias y perspectivas de expertos en el campo permitió a los estudiantes participantes en el proyecto comprender la relevancia y la aplicabilidad de la inmunología en la práctica profesional y la investigación científica, lo que se tradujo en un aumento del interés (figura 2A), en una mayor participación en las actividades de aprendizaje, así como en una actitud más positiva hacia el estudio de la disciplina.

4.3. Desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y reflexión

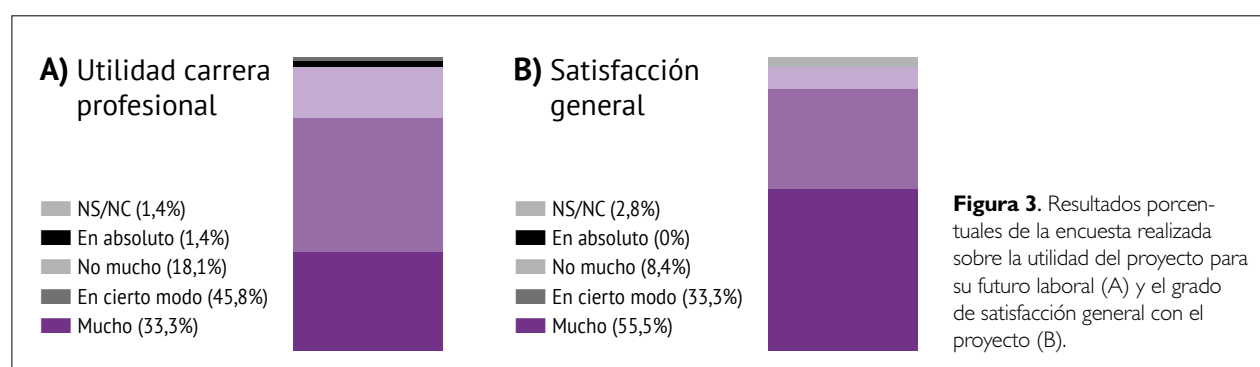
Los podcast educativos facilitaron el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y reflexión entre los estudiantes al presentarles situaciones y casos de estudio que requerían análisis y evaluación. La discusión de temas controvertidos, dilemas éticos y aplicaciones clínicas de la inmunología estimuló la reflexión sobre cuestiones complejas y la formación de opiniones fundamentadas. Esta capacidad es crucial para el desarrollo de profesionales competentes y éticos en el campo de la salud y las ciencias biológicas. De hecho, los estudiantes manifestaron su deseo de poder divulgar los podcast realizados, más allá del campus virtual (figura 2B).



4.4. Profundización en los aspectos profesionales de la Inmunología

A través de las interacciones con los distintos expertos, los estudiantes identificaron las habilidades y competencias esenciales necesarias para avanzar en sus propias carreras, por lo que expresaron que la participación en el proyecto les había resultado útil para su futuro profesional (figura 3A). Esto incluía competencias técnicas, habilidades de investigación, comunicación científica y gestión de proyectos.

Finalmente, todos los estudiantes que realizaron la encuesta manifestaron su satisfacción por haber participado en el proyecto (figura 3B).



5. DISCUSIÓN

El proyecto ha demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la inmunología en el ámbito educativo. A través de la producción y difusión de podcast educativos basados en entrevistas con expertos en el campo de la inmunología se logró proporcionar a los estudiantes una perspectiva práctica y actualizada de los conceptos y avances en esta disciplina. Los resultados obtenidos sugieren que esta modalidad de aprendizaje complementario puede contribuir significativamente a la comprensión, el interés y la motivación de los estudiantes en el estudio de la inmunología.

La mejora en la comprensión de conceptos de inmunología entre los estudiantes que participaron en el proyecto puede atribuirse a varios factores. En primer lugar, la presentación de la información de manera contextualizada y a través de la experiencia de expertos en el campo que permitió a los estudiantes conectar los conceptos teóricos con su aplicación práctica en situaciones reales. Este enfoque basado en la experiencia ha demostrado ser efectivo para facilitar el aprendizaje significativo y la transferencia de conocimientos [5]. Además, la oportunidad de escuchar las perspectivas y experiencias de profesionales destacados en el campo proporcionó a los estudiantes una visión privilegiada del mundo de la inmunología, lo que contribuyó a su comprensión y apreciación de la disciplina.

El aumento en el interés y la motivación de los estudiantes como resultado de la exposición a los podcast educativos también es un hallazgo significativo. La teoría de la autodeterminación sugiere que la motivación intrínseca, que surge del interés y la satisfacción personal, es un factor clave en el aprendizaje y la realización académica [6]. La oportunidad de escuchar las experiencias y perspectivas de expertos en inmunología puede despertar la curiosidad y la motivación de los estudiantes al mostrarles las aplicaciones prácticas y las posibilidades de carrera en la disciplina. Además, la flexibilidad y accesibilidad de los podcast como recurso de aprendizaje pueden aumentar el compromiso de los estudiantes al permitirles acceder al contenido en cualquier momento y lugar, adaptándose a sus necesidades individuales [7].

El desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y reflexión entre los estudiantes también es un resultado importante del proyecto. El pensamiento crítico es una habilidad esencial en el campo de la ciencia, ya que permite a los profesionales evaluar evidencias, tomar decisiones informadas y resolver problemas de manera eficaz [8]. Por lo tanto, el desarrollo de esta habilidad es fundamental para el éxito académico y profesional de los estudiantes en estas áreas.

Finalmente, la comprensión del ámbito profesional de la inmunología ha contribuido a acercar a los estudiantes al mundo laboral. Varios estudios han demostrado que la exposición temprana a profesionales consolidados y en diferentes etapas de su carrera mejora la comprensión de los estudiantes sobre la naturaleza del trabajo científico y de las competencias necesarias para el éxito. Por ejemplo, Thiry, Laursen y Hunter encontraron que las experiencias de investigación colaborativa y la mentoría directa con investigadores experimentados permiten a los estudiantes desarrollar habilidades de investigación y una comprensión profunda del trabajo científico [9]. Además, la claridad vocacional y la motivación están estrechamente relacionadas con el contacto con modelos a seguir y mentores en el campo. Ciertos trabajos han demostrado que interactuar con modelos a seguir exitosos puede incrementar la motivación y la claridad en los objetivos profesionales de los estudiantes [10].

En resumen, el presente proyecto ha demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la inmunología. Los resultados obtenidos respaldan la utilidad y la relevancia de los podcast educativos como herramienta pedagógica en educación superior, y sugieren su potencial para promover la comprensión, el interés y la motivación de los estudiantes en disciplinas científicas y médicas.

6. CONCLUSIONES

En conclusión, los podcast educativos son una herramienta valiosa y eficaz para complementar la enseñanza tradicional en educación superior. Su capacidad para ofrecer una experiencia de aprendizaje flexible, contextualizada y estimulante demuestra su potencial para mejorar significativamente la calidad de la educación y motivar a los estudiantes a explorar y comprometerse con disciplinas complejas como la inmunología. Este proyecto no solo ha enriquecido la experiencia educativa de los estudiantes, sino que también ha allanado el camino para futuras investigaciones y aplicaciones de podcast educativos en diversos campos de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los estudiantes que participaron activamente en este proyecto, así como a los profesionales de la inmunología que dedicaron su tiempo y conocimientos para enriquecer esta experiencia educativa.

REFERENCIAS

- [1] FREEMAN, S., EDDY, S. L., MCDONOUGH, M., SMITH, M. K., OKOROAFOR, N., JORDT, H., WENDEROTH, M. P. (2014) Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, 8410-8415.
- [2] GOLDMAN, J. A., KATZ, R. S. (2018) Podcast as a learning resource in medical education: A survey study. *Journal of Medical Education and Curricular Development* 5, 2382120518776018.
- [3] CHEN, B., BRYER, T. (2012) Investigating instructional strategies for using podcast in higher education. *Journal of Computing in Higher Education* 24, 1-13.
- [4] TRUJILLO, J. M. (2011) Comunicación, innovación, educación y gestión del conocimiento en torno al uso del podcast en la educación superior. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)* 8(2), 61-76.
- [5] MAYER, R. E. (2009) *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- [6] RYAN, R. M., DECI, E. L. (2000) Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist* 55, 68-78.
- [7] YANG, J. C., WU, Y. T. (2012) Podcasting as a supplemental instructional tool: A study of behavioral intention, student satisfaction, and use. *Computers & Education* 58, 984-992.
- [8] ENNIS, R. H. (2016) Critical thinking: Reflection and perspective part I. *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines* 31(3), 3-9.
- [9] THIRY, H., LAURSEN, S. L., HUNTER, A. B. (2011) What experiences help students become scientists? A comparative study of research and other sources of personal and professional gains for STEM undergraduates. *The Journal of Higher Education* 82, 357-388.
- [10] LOCKWOOD, P., KUNDA, Z. (1997) Superstars and me: Predicting the impact of role models on the self. *Journal of Personality and Social Psychology* 73, 91-103.

LUCES, REALIDAD AUMENTADA Y ¡ACCIÓN! UNA EXPOSICIÓN DIDÁCTICA PARA SALVAR EL PUENTE ENTRE LO VISIBLE Y EL MODELO DE CONOCIMIENTO

Ainhoa Méndez García, Irantzu Uriz Doray

Departamento de Ciencias, Área de Didáctica de las ciencias experimentales, Grupo Kimua. Universidad Pública de Navarra. ainhoa.mendez@unavarra.es / iranzu.uriz@unavarra.es

Palabras clave: realidad aumentada; disciplinas STEAM; tecnología educativa; didáctica de la luz y la visión; exposición.

Keywords: augmented reality; STEAM disciplines; educational technology; didactics of light and vision; exhibition.

Resumen

Una de las dificultades del aprendizaje de la luz es que implica conceptos que suelen ser abstractos. En este proyecto se han utilizado tecnologías digitales (RA y animaciones 3D) para, a partir de cuadros e instalaciones, ilustrar conceptos sobre la luz y la visión (humana y animal), creando una exposición interactiva con recursos didácticos de alto impacto visual y potencial educativo. Estos recursos se han diseñado teniendo en cuenta las dificultades de aprendizaje recogidas en la literatura, tras establecer una progresión de aprendizaje desde educación primaria hasta etapas postobligatorias. Los itinerarios expositivos específicos de cada nivel posibilitan aprender de forma secuencial y progresiva el fenómeno físico de la luz. En esta publicación se describe la exposición destacando sus secciones principales y los contenidos sobre la luz y la visión que se trabajan en cada una de ellas.

Abstract

Learning about light involves concepts that are usually abstract. In this project, digital technologies (AR and 3D animations) have been used, using paintings and installations, to illustrate concepts about light and vision (both human and animal), creating an interactive exhibition with teaching resources of high visual impact and potential educational. These resources have been designed considering the learning difficulties collected in the literature, after establishing a learning progression from primary education to post-compulsory stages. The specific exhibition itineraries for each level make it possible to learn sequentially and progressively the physical phenomenon of light. This publication describes the exhibition, highlighting its main sections and the contents related to light and vision that are explored in each of them.

INTRODUCCIÓN

La comprensión de algunos fenómenos físicos puede resultar compleja para el alumnado debido, entre otros motivos, a su elevado nivel de abstracción [1]. Esto ocurre cuando se aborda el tema de la luz en el aula; aprender muchos de los conceptos relacionados con la luz requiere construir y aplicar modelos, que van más allá de lo que podemos percibir con nuestros sentidos [2]. Y, aún más complejo, conectar y justificar los fenómenos observables con los mecanismos que ocurren a nivel atómico. Asimismo, existen numerosas ideas alternativas y modelos incompletos sobre la luz y la visión. Muchos alumnos no comprenden del todo la conexión entre una fuente de luz, un objeto y el ojo que mira el objeto para describir un mecanismo de la vista [3]. En alumnado más joven es común la idea de que vemos debido a que nuestros ojos emiten algo, en lugar de recibir luz [4]. Además, le cuesta diferenciar entre una fuente y un reflector de luz, presentando

más dudas cuando se les pregunta por la luna, sustancias fluorescentes o materiales reflectantes. El hecho de no comprender que la luz se propaga en línea recta dificulta la comprensión del motivo de la sombra, considerando que “es algo que existe en los objetos” [5] o “que es el reflejo de un objeto” y por ello se espera que tenga la misma forma que el objeto [3]. La idea de propiedad del objeto también se mantiene en algunos alumnos cuando hablamos del color, y no como el resultado de la interacción de la luz blanca con el objeto del que refleja el color que observamos y absorbe el resto del espectro [4]. La comprensión de la refracción de la luz resulta complicada incluso para el alumnado universitario, siendo común pensar que la velocidad de la luz no tiene relación con el medio de propagación y que la fuente de luz es la que condiciona su velocidad [5]. Finalmente, cabe mencionar que hay estudiantes de esta etapa que todavía no han comprendido que un rayo luminoso es sólo un modelo utilizado para representar el comportamiento de la luz [3].

En la educación en ciencias, para enseñar estos procesos que ocurren a nivel microscópico es habitual recurrir al empleo de modelos y representaciones [6]. En las últimas décadas, el desarrollo tecnológico y su implementación en el aula han permitido salvar muchos obstáculos relacionados con la escala. La tecnología educativa como la realidad aumentada (RA) y las animaciones 3D tienen un gran potencial educativo [7]. Hidayat y Wardat [8] revisaron los estudios actuales en los que se había empleado RA para la didáctica de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, mostrando los beneficios de su empleo en los procesos de enseñanza y aprendizaje. También se han descrito experiencias de su potencial didáctico fuera del aula [9] permitiendo acercar el conocimiento científico a toda la población. Aunque se resaltan múltiples ventajas de su empleo, cabe destacar que puede salvar los obstáculos de aprendizaje asociados a la abstracción e integración de los niveles de representación de la ciencia.

Las exposiciones y los museos desempeñan un papel fundamental como espacios didácticos para el aprendizaje de las ciencias [10]. Por ello, integrar tecnología educativa como RA y animaciones 3D en estos espacios puede ser muy beneficioso para acercar el conocimiento científico al alumnado y a la población en general. Algunas experiencias en esta línea [11] han permitido mejorar la comprensión de fenómenos fisicoquímicos, permitiendo visualizar procesos que son imperceptibles a simple vista, como es el caso del campo magnético.

OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo consiste en diseñar y crear recursos didácticos de alto impacto ajustados a una exposición interactiva, utilizando recursos artísticos y tecnológicos para enseñar conceptos relacionados con la luz. Para ello se han establecido los siguientes objetivos específicos:

- Seleccionar contenidos y proponer una progresión de aprendizaje sobre la luz según la normativa vigente [12-14] y propuestas que se encuentran documentadas en revistas científicas del área de didáctica de las ciencias experimentales y didáctica de la física.
- Realizar una búsqueda bibliográfica de dificultades de aprendizaje sobre la luz para alumnado de todas las etapas educativas.
- Buscar y seleccionar, según criterios de nivel, accesibilidad, idioma y calidad del contenido, recursos multimedia disponibles en internet.
- Diseñar y crear instalaciones interactivas que promuevan el aprendizaje de un concepto relacionado con la luz incorporando modelos de realidad aumentada y animaciones en 3D.
- Diseñar un recorrido expositivo adaptado a cada una de las etapas, mediante un entorno virtual accesible mediante códigos QR.
- Visibilizar los logros de científicas en el campo de la luz y la visión de diferentes épocas y nacionalidades.

ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE LA EXPOSICIÓN

La exposición *Luces, RA y ¡Acción!* estuvo abierta al público en el Planetario de Pamplona desde el 20 de marzo hasta el 18 de mayo de 2024. Fue visitada por un total de 412 visitantes, de los cuales 43 eran docentes, 256 alumnos y alumnas y 113 público general.

La exposición ha sido diseñada por un equipo multidisciplinar del que han formado parte las autoras de este artículo, integrado por profesionales de áreas muy diversas como ingeniería, didáctica de las ciencias, didáctica de las artes, productores de RA y animaciones 3D. Se compone tanto de cuadros como de instalaciones manipulativas (**figura 1**). Los cuadros corresponden a fotografías tomadas mediante microscopía óptica de diferentes materiales tratados térmica o químicamente y ampliadas [15]. Cada cuadro o instalación sirve para abordar un concepto sobre la luz o la visión mediante RA, constituyendo una sinergia entre ciencia, arte y tecnología.

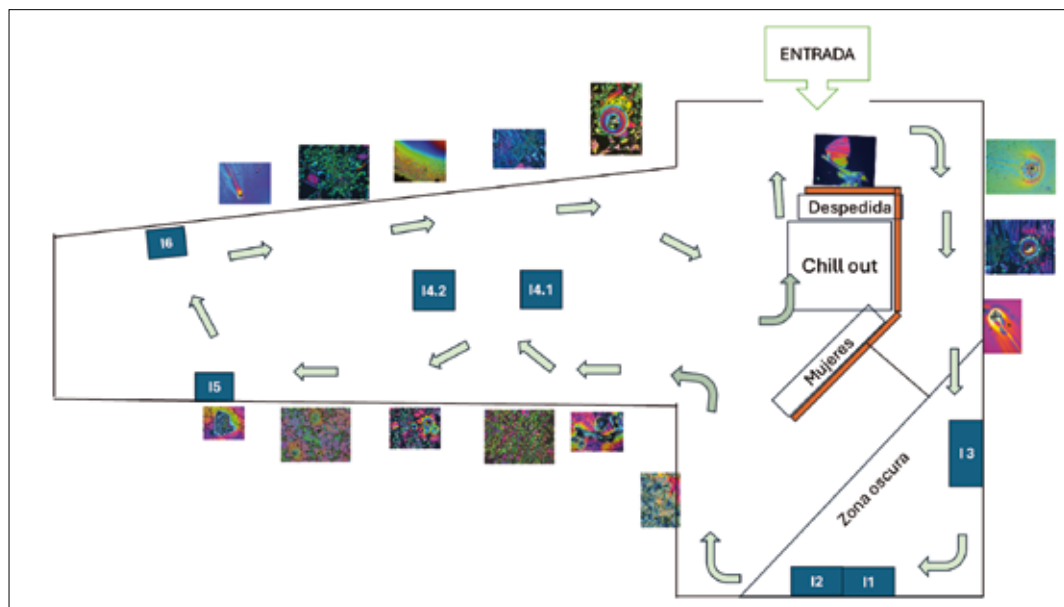


Figura 1. Plano de la exposición. "I" significa instalación

Para poder vivir la experiencia al completo, la visita a la exposición se realiza utilizando un móvil o una tableta. Aunque todos los visitantes pueden visualizar los mismos elementos físicos dentro de la exposición, el contenido digital mostrado en la pantalla del dispositivo móvil varía en función del nivel educativo, adaptándose así a las necesidades y conocimientos de cada grupo. Al inicio de la visita se encuentra una lona con varios marcadores que permiten seleccionar tanto el nivel educativo (primaria, secundaria/formación profesional, bachillerato, público general) como el idioma (castellano o euskera).

Cuando el usuario entra en su perfil, en cada cuadro e instalaciones el contenido se proyecta en la pantalla mediante RA (**figura 2a**), enfocando con el dispositivo en un marcador (una imagen similar al cuadro tal como se observa en la **figura 2b**), un código QR o enfocando al cuadro completo.

Figura 2a. Visualización del contenido en RA en una tableta.

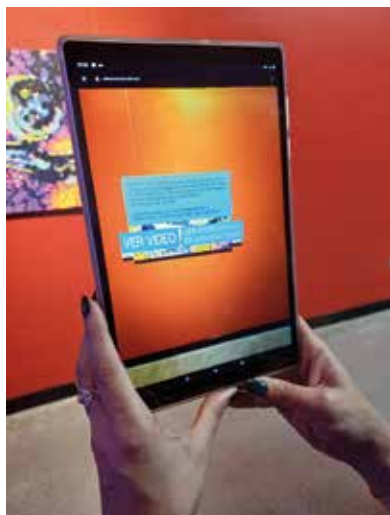


Figura 2b. Marcador de un cuadro.



En las siguientes líneas se detallan algunos de los contenidos de los cuadros e instalaciones.

Origen de la luz y objetos luminosos e iluminados

El primer cuadro que aborda el contenido sobre la luz sugiere la imagen de un meteoro (**figura 2b**). Para el nivel de primaria, se aborda la distinción entre dos tipos de objetos: luminosos e iluminados. Al enfocar el cuadro con el dispositivo, se accede a un recurso *Genially* interactivo [16] en el que se presentan diversos objetos, como una hoguera, y los visitantes deben indicar si se trata de un objeto luminoso o iluminado. Para el resto de los niveles educativos y público general, se elaboró una animación que explica cómo se origina la luz, ofreciendo una comprensión más profunda a nivel de átomo.

La luz viaja en línea recta

Para trabajar esta idea, se creó una instalación combinada con un modelo en RA en la zona de oscuridad (**figura 1, 13**). La instalación se compone de una figura construida con bloques de madera, dos linternas (una situada justo al frente de la figura y la otra con enfoque desde un ángulo diagonal lateral derecho, tal como se muestra en la **figura 3a**) y 3 marcadores tipo QR. En esta instalación, los y las visitantes pueden explorar cómo se forma la sombra y cómo la trayectoria rectilínea de la luz puede explicar la forma de las sombras. Mediante la RA, se muestra en la pantalla de la tableta o el móvil el modelo de rayos de la luz superpuestos sobre la instalación, que muestran el trayecto de la luz desde la linterna hasta la creación de la sombra (**figura 3b**). Escaneando el tercer código QR, se muestra un modelo de rayos caótico, permitiendo a los visitantes explorar cómo se verían las sombras en ese escenario hipotético.

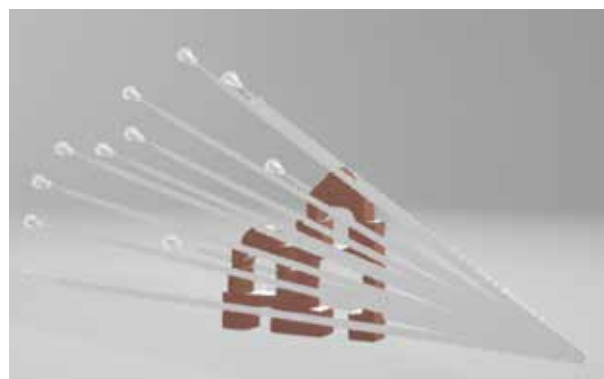
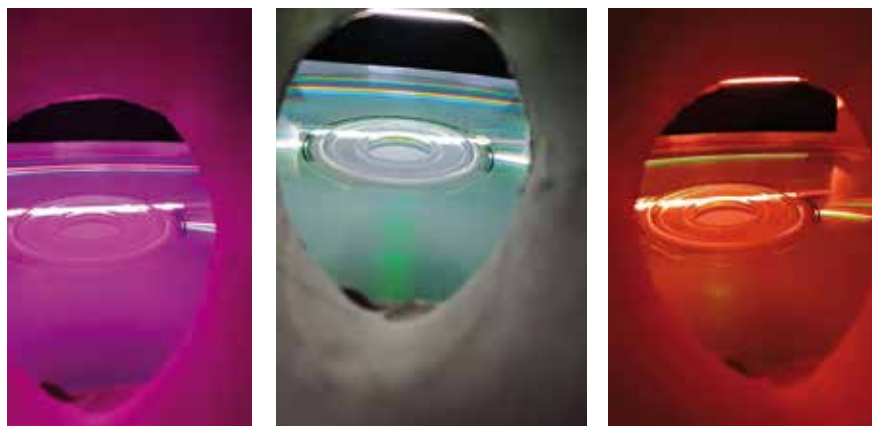


Figura 3. (a) Instalación de sombras. (b) Modelo en 3D creado para superponer sobre la instalación mediante RA.

Espectroscopios

También en la zona oscura se preparó una instalación de tipo experimental (**figura 1, 11**) compuesta por tres bombillas de distintos colores (morada, blanca y naranja) y tres espectroscopios (inspirados en [17]). El objetivo es que los y las visitantes observen cada bombilla a través del espectroscopio para ver los espectros resultantes (**figura 4**).



Dispersión de la luz

La última instalación de la zona oscura (**figura 1, y 2**) está dedicada al experimento del prisma de Newton. Se colocaron una linterna dentro de una caja con una pequeña abertura, una lente convergente fija y un prisma montado sobre una plataforma giratoria. Al girar el prisma, en una determinada posición la luz blanca se dispersa, permitiendo observar todos los colores del espectro visible proyectados en la pared blanca.

Figura 4. Espectros obtenidos para diferentes fuentes luminosas.

Modelo de onda y fenómeno de difracción

La animación ilustra el modelo de onda, mientras que el video, grabado previamente en un laboratorio de la UPNA, muestra un experimento de difracción. En este experimento, al hacer pasar un rayo láser a través de una red de difracción, se proyecta un patrón en la pantalla que evidencia el comportamiento ondulatorio de la luz. Este material se mostraba en los perfiles de todos los niveles educativos excepto en primaria.

Luz y sonido como ejemplo de ondas

Mediante RA se presenta un texto y se propone al usuario la reproducción de dos vídeos (figura 2a). El primero presenta las principales diferencias entre la luz y el sonido. El segundo video, grabado en el laboratorio de la UPNA, demuestra que el sonido necesita un medio para su propagación, al contrario que la luz. En este experimento, se utiliza una campana de vacío con un altavoz que reproduce una canción. Al extraerse el aire de la campana, no se escucha prácticamente el sonido y, a medida que entra aire en la campana, el volumen del sonido de la canción aumenta progresivamente. Este contenido está disponible para todos los niveles educativos, excepto para primaria.

Longitud de onda

Los cuadros de *Hidden Reflections* [15] presentan una amplia gama de colores. Uno de estos cuadros se utiliza para ilustrar el concepto de longitud de onda. Mediante RA, al enfocar el cuadro, es posible observar cómo emergen hacia el exterior ondas de diferentes longitudes de onda asociadas a cada color, etiquetadas con su valor correspondiente en nanómetros.

Reflexión, transmisión, absorción de la luz y el color de los objetos

Se presenta un cubo de metacrilato con una cara transparente (I4.1 de la figura 1), otra translúcida y una opaca, con un muñeco en su interior. Al enfocar cada una de estas caras con el dispositivo se visualiza un modelo en 3D superpuesto mediante RA que muestra el porcentaje de luz reflejada, transmitida y absorbida. Esto permite observar cómo estos diferentes tipos de superficies afectan a la visibilidad del muñeco en el interior.

Otro cubo con caras de distintos colores facilita la comprensión del color de los objetos (I4.2 en la figura 1). Al enfocar las diferentes caras con el dispositivo, un modelo superpuesto mediante RA muestra cómo la luz es absorbida y reflejada por cada material, explicando por qué cada cara del cubo se percibe con un color específico.

Instalación botella

Esta instalación combina elementos manipulativos con una animación (figura 1, I5). Se colocaron dos cuadros de 30x40 cm, uno en campo claro y otro en campo oscuro, y frente a ellos se dispuso una botella llena de agua sobre un riel. Se solicitó a los y las visitantes que desplazaran la botella hacia adelante y hacia atrás mientras observaban a través de ella (figura 5 izda.). A medida que la botella se alejaba del cuadro se podía notar que la imagen se invertía. Después de realizar esta observación, los visitantes podían escanear un código QR que activaba una animación que explicaba el fenómeno (Figura 5 dcha.). Esta visualización no estaba disponible para el nivel primaria, aunque sí podían manipular la posición de la botella para poder visualizar el efecto y comenzar a plantearse preguntas.

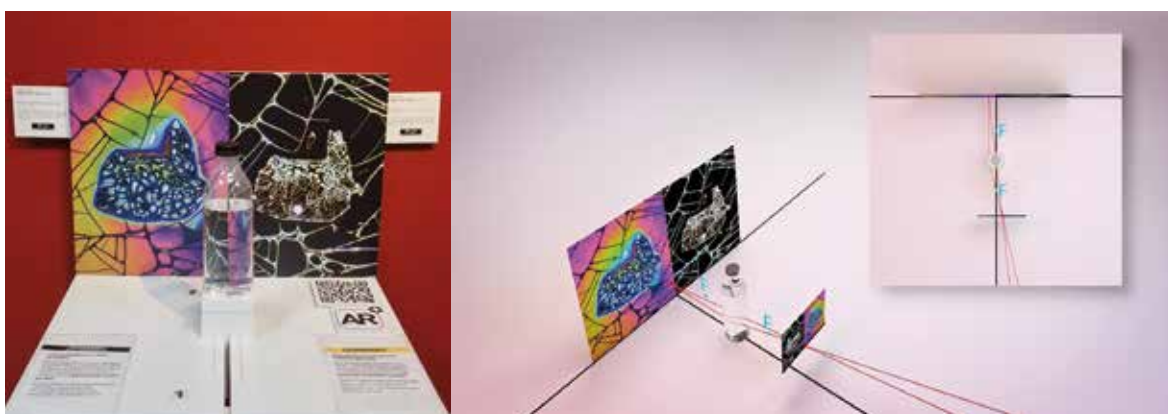


Figura 5. Instalación manipulativa (a) combinada con cuadro y animación 3D (b) captura de imagen de una escena de la animación proyectada en la pantalla mediante el QR.

Polarización de la luz

Se trata de una instalación interactiva (figura 1, 16). Sobre una mesa de luz, se colocó un filtro polarizador y sobre el mismo un acetato transparente con un dibujo lineal del logotipo del Planetario de Pamplona. Esta imagen se “rellenó” con tiras de celofán colocadas en diferentes ángulos y número de capas, que hacían variar su espesor (inspirado por [18]). El celofán puede desfazar la luz, produciendo una doble refracción y generando dos haces de luz con diferentes longitudes de onda. Al orientar las tiras de celofán en distintas direcciones, se modifica el estado de polarización de la luz. Sobre esta instalación se disponía de un soporte giratorio con otro polarizador. Al girar el soporte sobre la imagen, se observaba un cambio de colores. Al igual que la anterior, el alumnado de primaria podía manipular la instalación y observar este fenómeno, pero no tenía acceso a la explicación del fenómeno.

Los colores que vemos en el cielo

El contenido del siguiente cuadro varía según el nivel educativo. Para secundaria, bachillerato y público general, al escanear el cuadro con el dispositivo se reproducía un video con animaciones que responde a las siguientes preguntas: ¿por qué vemos el cielo de color azul?, ¿por qué vemos el amanecer en tonos rojizos?, ¿en todos los planetas se observan las mismas coloraciones en el cielo? y ¿cuál es la explicación de los colores que observamos en el cielo durante fenómenos como la calima o el *smog* fotoquímico? Para el nivel de primaria se reproducían únicamente las animaciones 1 y 3.

Cromatóforos

En el siguiente cuadro se mostraba un vídeo sobre cómo los camaleones se adaptan al color de su entorno, adaptado a cada uno de los niveles educativos: para primaria [19] y para secundaria [20].

Interferencia

Para explicar el fenómeno de interferencia de la luz se creó una animación 3D que explica el porqué de los colores que se observan en la superficie de una pompa de jabón. Esta animación se reproducía al escanear el último cuadro de la exposición y estaba disponible únicamente para el nivel bachillerato.

Visión humana y animal

Se creó una zona “chill out” con bancos y mesas para explorar conceptos sobre la visión humana y animal. El objetivo era proporcionar un ambiente relajado donde los visitantes podían aprender sobre estos temas de manera más amena (figura 6). Se instaló una pantalla que reproducía repetidamente una animación explicando el funcionamiento del ojo humano, comparándolo en paralelo con una cámara fotográfica. Cabe destacar que el alumnado más joven está habituado a la cámara digital del móvil, por lo que supone una oportunidad para comparar las trayectorias de los rayos en los dos ejemplos. Además, se diseñaron láminas con diversos contenidos que, al ser escaneadas con un dispositivo móvil o tableta, reproducían contenido en RA o animaciones en 3D. En estas láminas se abordaban los conceptos de: tipos de ojo animal, visión animal y patologías visuales humanas (figura 7).



Figura 6. Zona “chill out” de la exposición.



Figura 7. Láminas.

Mujeres científicas

Se colocó una lona con imágenes de científicas que habían contribuido con importantes logros al campo de la luz y la visión (**figura 6**). Al escanear un código QR se accedía a un Google Site [21] donde se puede leer una breve biografía sobre cada una de ellas.

ASPECTOS PARA CONSIDERAR

Como fruto de la experiencia que nos ha proporcionado todo el proceso de elaboración nos gustaría ofrecer algunas recomendaciones para posibles futuras propuestas.

Coordinación de un equipo multidisciplinar

Este reto supone integrar en un mismo equipo de trabajo a profesionales que utilizan lenguajes y formas de trabajar diferentes. Esto implica que profesionales provenientes de áreas diversas como ingeniería, didáctica de las ciencias, artes, y productores de RA y animaciones 3D deben encontrar una forma común de comunicarse y colaborar de forma eficaz. A modo de ejemplo, el documento de trabajo diseñado para compartir con los creadores de RA consistía en una tabla en la que se detallaban únicamente el desencadenante de la acción (código QR, marcador, código del cuadro), descripción del evento que ocurría y los enlaces a los recursos multimedia creados. Sin embargo, el documento compartido con el diseñador de animaciones 3D consistió en una tabla de dos columnas en la que se presentaba un guión de cada escena de la animación en una línea, detallando la locución y la descripción de las imágenes dinámicas que se querían crear. Establecer estos documentos de trabajo desde el inicio, aunque resulte tedioso, es imprescindible para ahorrar tiempo y esfuerzo posterior.

Transposición del contenido

La transposición de contenido a formatos tecnológicos ha sido un proceso complejo. Por un lado, los y las participantes no estaban familiarizados con las capacidades y limitaciones de las tecnologías empleadas para la creación de recursos, en especial con la RA. Este desconocimiento ha llevado en ocasiones a crear expectativas poco realistas sobre lo que la tecnología podía lograr. Por otro lado, los colaboradores poseen un conocimiento técnico y unas habilidades de diseño de animaciones 3D y realidad aumentada para crear los recursos, pero no son expertos en conocimiento didáctico del contenido de la luz y la visión. Ha sido necesaria una comunicación clara y con retroalimentación constante para aclarar aspectos técnicos y evitar transmitir errores conceptuales en las propias animaciones. Se han desarrollado muchas versiones hasta que un recurso se ha dado por finalizado.

Las barreras de la propia tecnología

La implementación de las animaciones 3D y la realidad aumentada también ha tenido sus inconvenientes. Para que puedan desencadenarse en un dispositivo, éste tiene que reconocer una imagen o un marcador. Esta imagen o este marcador se reconocen cuando se dan unas características de luminosidad, distancia o posición determinadas. Por ello, aunque en las pruebas realizadas funcionasen bien, si algún parámetro cambiaba en la exposición no se visualizaba la animación o el modelo. Asimismo, la lentitud en la carga del proyecto en el móvil o en la tableta puede entorpecer la visita a la exposición. Además, adaptar modelos digitales a las condiciones específicas de instalaciones físicas puede requerir ajustes significativos.

CONCLUSIONES

Fomentar el interés por la ciencia en el alumnado es importante, pero también en la sociedad en general. El uso de la interactividad y la tecnología RA ha permitido crear diferentes itinerarios aptos para todos los públicos.

Diseñar y crear una exposición de estas características es un trabajo satisfactorio y gratificante, pero también arduo y costoso. La clave para superar la barrera de trabajar en un equipo multidisciplinar es establecer un marco de comunicación claro y comprensible desde el inicio del proyecto, creando documentos de trabajo compartidos que consistan en esqueletos o estructuras estipuladas previamente, que concedan un uso práctico para todos los miembros implicados. Además, es necesario realizar pruebas en diversas condiciones antes de poner en marcha la exposición, así como contar con un equipo técnico que se muestre accesible y pueda responder rápidamente a problemas que puedan surgir durante la misma.

De cara al futuro próximo, el equipo de investigación a la que pertenecen las autoras está valorando ofrecer el proyecto, además de en formato expositivo, como maleta itinerante adaptada para centros escolares, así como en formato digital con acceso a todas las animaciones creadas.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido posible gracias a la financiación del Gobierno de Navarra con el proyecto PC 173-174 VISUAL TECH 4.0 y ha sido organizado por la UPNA (Universidad Pública de Navarra) y AIN (Asociación de Industria Navarra).

Debemos un agradecimiento especial al equipo investigador de la UPNA: María Napal (colP del proyecto) y Maribel Zudaire del grupo de investigación KIMUA, y Lander Calvelhe del área de Didáctica de la Expresión Plástica y grupo de investigación EDARTE de la UPNA.

A Javier Oses (IP del proyecto) y a todo el equipo investigador de AIN (Asociación de la Industria Navarra).

A las empresas y entidades colaboradoras: IAR, Bola 3D, Horixe y UpnaTv.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ORNEK, F., ROBINSON, W.R., HAUGAN, M.P. (2008) What makes Physics difficult? *International Journal of Environmental and Science Education* 3, 30-34.
- [2] PERALES, F.J., GARCÍA, J.A. (2016) Por qué, qué, cómo y cuándo enseñar sobre la luz. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* 85, 9-14.
- [3] IOP. INSTITUTE OF PHYSICS (s.f.) Misconceptions. [Página Web] <https://spark.iop.org/misconceptions>.
- [4] THE ASSOCIATION FOR SCIENCE EDUCATION (2021) *Teaching Secondary Physics*, 3rd ed. J. de Winter, M. Hardman, eds. Hodder Education.
- [5] DJANETTE, B., FOUAD, C. (2014) Determination of university students' misconceptions about light using concept maps. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 152, 582-589.
- [6] EVAGOROU, M., ERDURAN, S., MÄNTYLÄ, T. (2015) The role of visual representations in scientific practices: from conceptual understanding and knowledge generation to 'seeing' how science works. *International journal of STEM education* 2, 1-13. doi:10.1186/s40594-015-0024-x
- [7] KESIM, M., OZARSLAN, Y. (2012) Augmented reality in education: current technologies and the potential for education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 47, 297-302.
- [8] HIDAYAT, R., WARDAT, Y. (2024) A systematic review of augmented reality in science, technology, engineering and mathematics education. *Education and Information Technologies* 29, 9257-9282.
- [9] CHEN, J., ZHOU, Y., ZHAI, J. (2023) Incorporating AR/VR-assisted learning into informal science institutions: A systematic review. *Virtual Reality* 27, 1985-2001. doi:10.1007/s10055-023-00789-w
- [10] CUESTA, M., et al. (1998) Centros de ciencia: espacios interactivos para el aprendizaje. Servicio Editorial del País Vasco. Bilbao.
- [11] YOON, S.A., WANG, J. (2014) Making the invisible visible in science museums through augmented reality devices. *Tech Trends* 58, 49-55. doi:10.1007/s11528-013-0720-7
- [12] ESPAÑA, MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN PROFESIONAL (2022) Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado, 02-03-2022, 52, 24386-24504. <https://www.boe.es/boe/dias/2022/03/02/pdfs/BOE-A-2022-3296.pdf>
- [13] ESPAÑA, MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN PROFESIONAL (2022) Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la

Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 30-03-2022, 76, 41571-41789. <https://www.boe.es/boe/dias/2022/03/30/pdfs/BOE-A-2022-4975.pdf>

- [14] ESPAÑA, MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN PROFESIONAL (2022) Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, 06-04-2022, 82, 46047-46408. <https://www.boe.es/boe/dias/2022/04/06/pdfs/BOE-A-2022-5521.pdf>
- [15] HIDDEN REFLECTIONS (s.f.) Proceso Creativo [Página Web]. <https://www.hidden-reflections.com/proceso-creativo/>
- [16] <https://view.genial.ly/654e1418a961ef0011812577/> interactive-content-objetos-luminosos-iluminados
- [17] HEREDIA, S. (2009) Cómo construir un espectroscopio casero con un CD. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 6, 491-495.
- [18] FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA (FECYT) (2015) Unidad didáctica Ciencias con luz propia. Aplicaciones tecnológicas de la luz. <https://www.fecyt.es/es/publicacion/unidad-didactica-ciencia-con-luz-propia-aplicaciones-tecnologicas-de-la-luz>
- [19] <https://www.youtube.com/watch?v=OF4kHZeXCuE>
- [20] https://www.youtube.com/clip/UgkxXVhn5xzFWG4-qDuy_Ssow4HivjUqArox
- [21] <https://sites.google.com/view/mujerescientificasyaluz/inicio>

EXPLORANDO LA INGENIERÍA GENÉTICA Y LA BIOTECNOLOGÍA A TRAVÉS DE RECURSOS EDUCATIVOS VIRTUALES

Iván Narváez¹, Fernando Escaso¹, Óscar Herrero¹, Marta Novo², Francisco Ortega¹, José Manuel Pérez-Martín³, Rosario Planelló¹, Mónica Aquilino¹

¹ Departamento de Física Matemática y de Fluidos, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid (España).

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

³ Departamento de Didácticas Específicas (Didáctica de las Ciencias Experimentales). Facultad de Formación de Profesorado y Educación. Universidad Autónoma de Madrid (España).

Palabras clave: organismos transgénicos; ingeniería genética; biotecnología; prácticas virtuales; recursos en línea.

Keywords: transgenic organisms; genetic engineering; biotechnology; virtual practices; online resources.

Resumen

Los trabajos prácticos resultan imprescindibles para la adquisición de conocimientos teóricos por parte del estudiantado de titulaciones afines a las ciencias biológicas. Dentro de la propuesta elaborada por la UNED, se han puesto en marcha diferentes alternativas virtuales para el desarrollo de prácticas ajustadas al caso de la enseñanza a distancia. En este contexto, el Grupo de Innovación Docente BIOINNOVA ha diseñado una práctica virtual en torno a los organismos modificados genéticamente. En dicha práctica, el estudiantado puede detectar organismos genéticamente modificados que se utilizan habitualmente como alimentos de consumo, mediante la extracción de su ADN y posterior análisis mediante la técnica de PCR.

Abstract

Practical work is essential for acquiring theoretical knowledge by students of Biological Sciences degrees. Within the framework of the proposal developed by UNED, different virtual alternatives have been implemented to create practices adapted to the case of distance learning. In this context, the BIOINNOVA Teaching Innovation Group has designed a virtual practice on genetically modified organisms. In this practice, students can detect genetically modified organisms used as common food by extracting DNA and analysing it using the PCR technique.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería genética y la biotecnología son disciplinas científicas en constante evolución, con un alto impacto en nuestra vida diaria y que han revolucionado la forma en la que se aborda la investigación en las ciencias de la vida. La biotecnología implica el uso de organismos vivos, células y procesos biológicos para desarrollar nuevos productos y tecnologías que puedan usarse en un amplio espectro de industrias [1], mientras que la ingeniería genética es el proceso que implica la manipulación de los genes de un organismo para alterar sus características o rasgos [2]. Ambas disciplinas tienen un impacto significativo en nuestra vida diaria. Su auge en la actualidad genera la necesidad de comprender los conceptos y procesos científicos necesarios que permitan a la ciudadanía y, más concretamente, al alumnado de titulaciones afines a las ciencias biológicas, adquirir criterios para tomar decisiones sobre las ventajas y desventajas de su uso.

La enseñanza y el aprendizaje de ambas disciplinas conllevan algunas dificultades, dado que requieren del conocimiento de herramientas moleculares básicas por parte de los estudiantes. Esta situación se ve comprometida por la complejidad de los conceptos y la dificultad de acceso a algunas técnicas en un laborato-

rio de prácticas, circunstancia que se agrava en el caso de la propuesta de enseñanza a distancia elaborada por la UNED. Debido a la gran importancia de los trabajos prácticos para la adquisición de los conocimientos teóricos por parte del estudiantado, el desarrollo de alternativas virtuales resulta una opción óptima para alcanzar conocimientos prácticos ajustados al caso concreto de la enseñanza a distancia en la UNED.

Con este objetivo, el Grupo de Innovación para la Docencia en Diversidad Biológica BIOINNOVA (GID2016-18) diseñó una práctica virtual en torno a un concepto de gran actualidad y controvertido, como son los organismos modificados genéticamente (OMG) [3]. El material genético de estos organismos es alterado mediante técnicas de ingeniería genética que no ocurren naturalmente por apareamiento o recombinación natural y, por ejemplo, son utilizados en agricultura para mejorar la resistencia a plagas, enfermedades y condiciones ambientales adversas, así como para aumentar la productividad y mejorar la calidad de los alimentos.

El proyecto incluye una práctica virtual, con la finalidad de que el estudiante detecte organismos genéticamente modificados utilizados como alimentos de consumo a través de la extracción de ADN y su análisis mediante la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Además, el material elaborado incluye información ampliada sobre OMG, así como cuestiones de evaluación, con el objetivo de mejorar la formación práctica de los estudiantes del Grado en Ciencias Ambientales y elevar la especialización en estudiantes de los másteres de Prevención de Riesgos Laborales y de Formación del Profesorado en Educación Secundaria.

Los objetivos del proyecto son los siguientes:

- Proporcionar nuevos espacios y metodologías para la adquisición del conocimiento teórico y práctico en relación con estas materias.
- Proponer un marco de estudio más dinámico, interactivo y actualizado para los estudiantes, acorde con las tecnologías actuales.
- Diseñar una práctica virtual que acerque a los estudiantes a la detección de organismos genéticamente modificados en alimentos de consumo.
- Difundir el trabajo final a través de la página web desarrollada por BIOINNOVA.

METODOLOGÍA

La práctica virtual incorpora herramientas moleculares para el análisis y detección de OMG y está dividida en una explicación teórica y una práctica virtual desarrollada en la página web. Por un lado, está la parte de obtención y procesamiento de las muestras y, posteriormente, el análisis e interpretación de los resultados obtenidos. Los materiales se presentan con imágenes y se detalla la metodología, permitiendo relacionar los contenidos teóricos con el proceso que se describe, de forma que se integran conceptos teóricos y prácticos.

Metodológicamente, la práctica se divide en varias fases:

- Fase 1. Elección de las muestras de estudio.
- Fase 2. Extracción del ADN de las muestras seleccionadas.
- Fase 3. Fundamentación teórica de la PCR en tiempo real. Amplificación de las secuencias de interés.
- Fase 4. Electroforesis y visualización.
- Fase 5. Interpretación de los resultados.

Fase 1: OMG y elección de las muestras de estudio

Desde el lanzamiento del primer OMG en Estados Unidos en 1996 [4], su empleo y estudio ha suscitado un gran debate tanto en el mundo científico debido a los posibles riesgos para la salud y el medio ambiente. Los alimentos transgénicos son aquellos que contienen componentes de cultivos transgénicos, es decir, plantas que han sido genéticamente modificadas por la inserción de material genético extraño, cuya procedencia puede ser de origen vegetal, animal, fúngico o bacteriano. Este material que se inserta (gen) ha sido previamente optimizado mediante la modificación de su secuencia, la eliminación de información genética

innecesaria (intrones) o la adición de información genética que permita las nuevas funciones deseadas. Entre las características más comunes que se buscan en estos organismos se incluyen la resistencia a plagas, la tolerancia a herbicidas, el retraso en la maduración de la fruta, un mejor rendimiento o el aumento del contenido de nutrientes, entre otras.

Así, debido al incremento de este tipo de alimentos y cultivos que contienen genomas transgénicos, resulta de gran importancia tener conocimiento de aquellos alimentos que están genéticamente modificados. Para ello, existen dos metodologías. La primera es el ensayo ELISA (del inglés, *Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay*), que es una técnica de inmunoensayo basada en anticuerpos, que identifica proteínas específicas producidas por organismos transgénicos y capaces de generar un producto detectable, como un cambio de color o algún otro tipo [5]. Sin embargo, una de las principales limitaciones de esta técnica es que solo puede emplearse para el análisis de productos frescos, debido a la degradación de las proteínas.

La segunda metodología que se puede emplear para la detección de estos organismos genéticamente modificados es la reacción en cadena de la polimerasa o PCR (del inglés *Polymerase Chain Reaction*), cuyo principio se basa en la amplificación e identificación de secuencias de ADN que se han insertado en el organismo transgénico [6]. Una de las principales ventajas de la PCR es que, a diferencia de la prueba ELISA que es específica de un solo cultivo, con una sola prueba de PCR, como la que se muestra en la presente práctica, se pueden detectar diferentes tipos de organismos transgénicos. Esto se debe a que las secuencias genéticas son comunes a la mayoría de los organismos transgénicos.

Las muestras seleccionadas fueron alimentos de uso cotidiano y que se pueden encontrar en el supermercado fácilmente. En concreto, para el diseño de la práctica original se escogió harina de maíz convencional, harina de maíz (etiquetada como no OMG), salchichas veganas (etiquetadas como no OMG), patata, maíz, soja y snacks (figura 1).



Figura 1. Alimentos seleccionados para detectar OMG mediante la extracción de ADN y su análisis mediante la técnica de la PCR / BIOINNOVA.

Fase 2: Extracción del ADN de las muestras seleccionadas

La extracción de ADN requiere una serie de etapas básicas y comunes, independientemente del tipo de muestra (figura 2). En primer lugar, se rompió la membrana plasmática para poder acceder al núcleo de la célula. Posteriormente, también se rompió la membrana nuclear para dejar libre el ADN. Por otro lado, la lisis de las células se consiguió mediante la adición de tampones con concentraciones elevadas de iones que ayudan a desorganizar la estructura tridimensional de macromoléculas como las proteínas y que forman parte de su estructura celular. Generalmente, el ADN se encuentra asociado a proteínas, por lo que se suelen añadir proteasas al tampón de extracción, para degradar dichas proteínas. El ADN es insoluble en alcohol, por lo que se precipitó con etanol frío y se recuperó mediante un proceso de centrifugación.

El sedimento o *pellet* resultante, tras ser secado completamente, se resuspendió posteriormente en agua. La confirmación de la presencia de ADN se llevó a cabo mediante electroforesis en un gel de agarosa,

que posteriormente se tiñó con *Gel Red* o *Midori Green* y se observó bajo luz ultravioleta (véase la fase 5). También se cuantificó directamente en el espectrofotómetro, mediante espectro de absorción de 200 a 350 nm.



Figura 2. Pasos llevados a cabo en la extracción del ADN de las muestras seleccionadas / BIOINNOVA.

Fase 3: Fundamentos teóricos de la PCR. Amplificación de las secuencias de interés

El objetivo final de la PCR es la obtención de un gran número de copias de un fragmento de ADN particular, partiendo de una sola copia de ese fragmento original o molde. En este sentido, durante los primeros ciclos de la reacción la cantidad de amplicón o ADN se duplica y tras cada ciclo se multiplica exponencialmente en proporción a la cantidad inicial de plantilla en la muestra.

Con el fin de poder amplificar un fragmento concreto se utilizaron unas parejas específicas de oligonucleótidos (cebadores o primers); en este caso se seleccionó una pareja específica que detecta genes que se suelen introducir en OMG.

Para llevar a cabo la PCR se empleó un molde de ADN y una pareja de primers específicos comunes. La reacción de PCR se realizó en un volumen final de 25 μ L, añadiendo la *master mix* GMO, mezcla que contiene todos los componentes necesarios para una reacción (tampón, los cuatro dNTP, polimerasa, *SYBR Green*). El protocolo para la amplificación de las distintas muestras fue el siguiente: precalentamiento de la máquina entre 95 y 100°C y un primer ciclo a 95°C durante 4 minutos, donde se produce la desnaturalización inicial del ADN, seguido de 40 ciclos a 94°C durante 1 minuto (para la renaturalización) (figura 3).

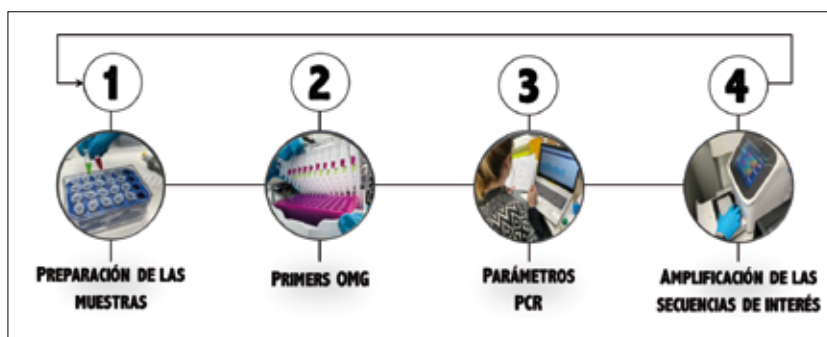


Figura 3. Pasos llevados a cabo en el proceso de amplificación de las secuencias de interés / BIOINNOVA.

Fase 4: Electroforesis y visualización

La PCR en tiempo real brinda información específica sobre la cantidad de material genético de partida, mientras que la electroforesis en gel de agarosa proporciona información específica sobre el tamaño de los amplicones producidos. En este sentido, la electroforesis en gel de agarosa es de las más utilizadas para analizar y caracterizar ácidos nucleicos de distintas procedencias. Los geles se comportan como un tamiz molecular y permiten separar moléculas cargadas en función de su tamaño y forma. Así, moléculas de ADN de diferente tamaño van a migrar de forma distinta en el gel de agarosa durante una electroforesis. Además, si en dicha electroforesis se aplican marcadores de masa molecular (fragmentos de ADN de tamaño conocido), como es el caso del presente análisis, se puede calcular el tamaño aproximado del ADN en estudio (figura 3). En esta práctica se pretende que los estudiantes comprendan el fundamento teórico de esta técnica y sus aplicaciones, y en último término razonen los resultados (figura 4).

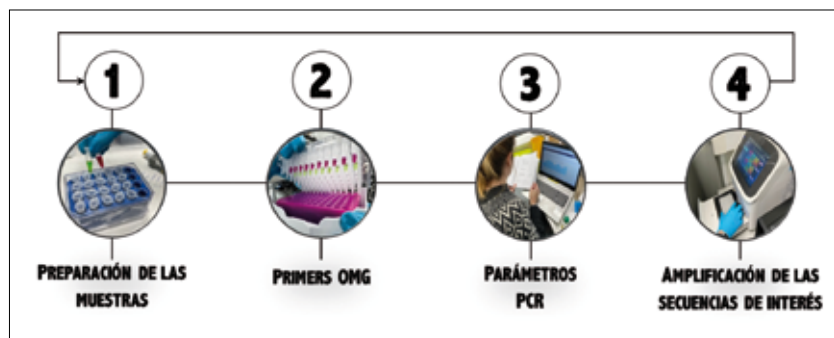


Figura 4. Pasos llevados a cabo en el proceso de electroforesis y visualización / BIOINNOVA.

Fase 5: Interpretación de los resultados

Una vez terminada la parte práctica, y haciendo uso de la imagen obtenida del gel de electroforesis, los estudiantes deberán discutir los resultados obtenidos y hacer las valoraciones correspondientes. Para ello, deben atender a los carriles del gel donde han aplicado las muestras de cada ADN. En ellas se verán tres bandas de diferente intensidad y tamaño, que se corresponden con las tres formas principales de enrollamiento del ADN plasmídico (molécula pequeña de ADN circular que se encuentra en las bacterias y algunos otros microorganismos) (figura 5).

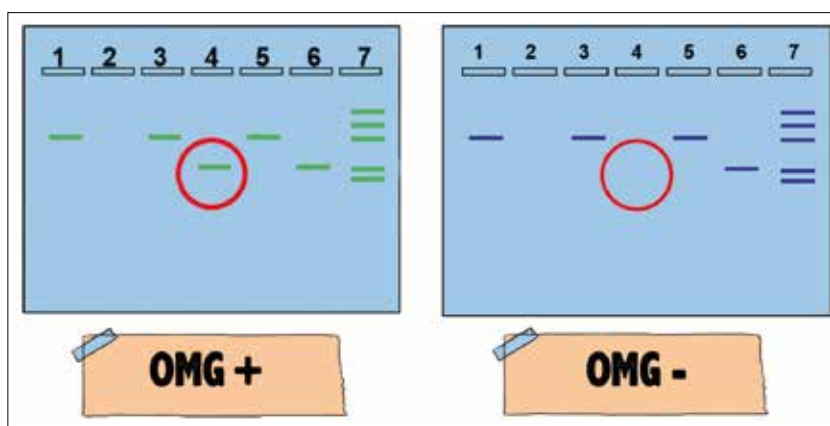


Figura 5. Interpretación de resultados sobre el gel de agarosa para detectar OMG en la muestra de análisis / BIOINNOVA.

Generación de contenidos

Uno de los objetivos fundamentales de BIOINNOVA es la difusión de contenidos virtuales relacionados con las ciencias biológicas, que complementan y uniformizan otras acciones formativas (prácticas de laboratorio, tutorías presenciales, etc.) [7]. Para ello, se ha diseñado una página web [8] con material propio, de

acceso libre y descargable, que contiene prácticas virtuales, conceptos teóricos, esquemas e información ampliada y cuestionarios de evaluación [9].

La presente práctica virtual se integrará en el contenido de la web, mostrando todo el proceso experimental mediante fotografías que incluyen vistas generales y detalladas. A lo largo del texto explicativo se disponen enlaces para descargar fichas de contenidos y actividades elaboradas por el equipo que compone BIOINNOVA con información ampliada sobre los contenidos teóricos que se tratan en cada caso (**figura 6**).

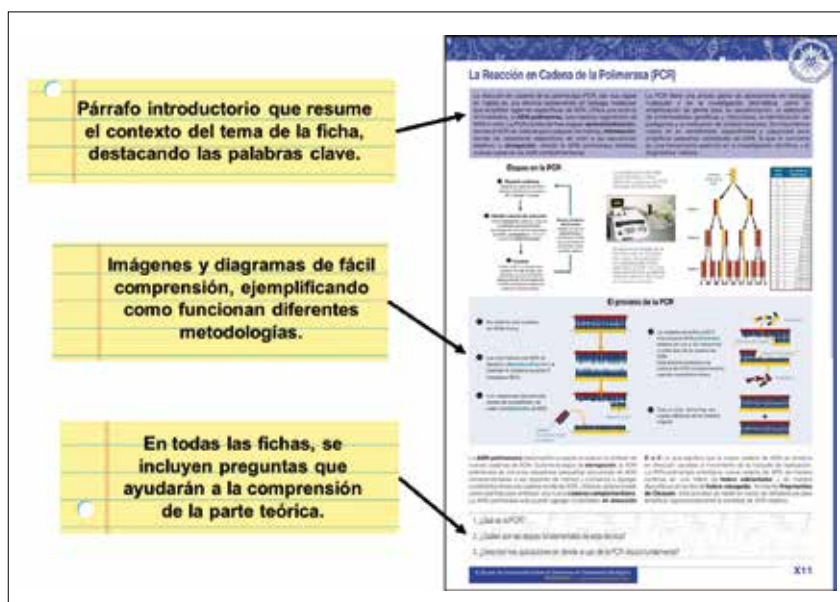


Figura 6. Ejemplo de ficha del proceso de la PCR / BIOINNOVA.

Estas fichas permiten a los estudiantes profundizar en los conceptos teóricos y la metodología de esta práctica en concreto de forma clara, concisa y muy visual, con ejercicios para comprobar la comprensión de los contenidos presentados de una forma integradora. Se pretende que las actividades de evaluación no sean sólo de las denominadas fácticas o de producto, sino que sean el resultado de construir respuestas relacionando los contenidos explicados y de argumentar con ellos (preguntas de proceso) [10, 11].

CONCLUSIONES

La puesta en funcionamiento de esta práctica virtual pretende motivar la participación activa de los estudiantes y el desarrollo del aprendizaje autónomo, permitiendo su familiarización con metodologías científicas complejas de uso habitual en el laboratorio.

En el contexto de la educación a distancia, la elaboración de este tipo de alternativas resulta óptima cuando las circunstancias o los recursos disponibles no permitan su realización de forma presencial, a la vez que ayudan a minimizar su coste económico, temporal y físico. Además, la abundante información disponible y la claridad de los contenidos ofrecidos en el desarrollo de la práctica se reflejan en el alto grado de satisfacción de los usuarios, y pone de manifiesto la utilidad de estos materiales para complementar las prácticas presenciales.

Por otro lado, el diseño del soporte visual de libre acceso de esta práctica permitirá acceder a este conocimiento científico a numerosos usuarios, más allá del propio estudiantado de la UNED, como es el caso de estudiantes de los primeros cursos de grado y estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, así como otros colectivos sociales de distintas procedencias geográficas, como revelan las estadísticas de acceso a la plataforma.

REFERENCIAS

- [1] GIBSON, W., KOCH, C. (2021) *Biotechnology and genetic engineering*. Londres, ED-Tech Press.
- [2] STARR, C., EVERS, C.A., STARR, L. (2018) *Biology*. Boston, Massachusetts, Concepts & Applications. Cengage Learning.
- [3] PIGUET, P., POINDRON, P. (2012) *Genetically modified organisms and genetic engineering in research and therapy*. Basilea, Karger.
- [4] REDENBAUGH, K., HIATT, B., MARTINEAU, B., KRAMER, M., SHEEHY, R., SANDERS, R., HOUCK, C., EMLAY, D. (1992) *Safety assessment of genetically engineered fruits and vegetables: A case study of the Flavr Savr tomato*. Boca Ratón, Florida, CRC Press.
- [5] ENGVALL, E. (1972) Enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA. *The Journal of Immunology* 109, 129-135.
- [6] BARTLETT, J.M.S., STIRLING, D. (2003) *PCR Protocols. Methods in Molecular Biology* 226. Totowa, Nueva Jersey, Humana Press.
- [7] PLANELLÓ, R., HERRERO, O., NOVO, M., AQUILINO, M., ESCASO, F., ORTEGA, F., PÉREZ-MARTÍN, J.M., NARVÁEZ, I. (2017) BIOINNOVA traspasa fronteras: plataforma en abierto para la distribución del conocimiento sobre biodiversidad. *100cias@uned* 10, 280-285.
- [8] BIOINNOVA <https://www.innovabiologia.com>
- [9] AQUILINO, M., HERRERO, O., ESCASO, F., NARVÁEZ, I., ORTEGA, F., PLANELLÓ, R., PÉREZ-MARTÍN, J.M., NOVO, M. (2018) Uso de recursos didácticos y laboratorios virtuales como TIC para enseñanza de la Biología. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., BARATAS, A., BRANDI, A. (eds.) *Jornadas sobre investigación y didáctica en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas: V Congreso Internacional de Docentes del ámbito STEM. Experiencias docentes y estrategias de innovación educativa para la enseñanza de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas*. Madrid, CDL Madrid y Grupo SM, pp. 355-362.
- [10] PÉREZ-MARTÍN, J.M., CALURANO-TENA, M.T., MARTÍN-AGUILAR, C., ESQUIVEL-MARTÍN, T., BRAVO-TORIJA, B. (2019) Preguntas en los libros de texto de Ciencias Naturales de Educación Primaria: ¿Procesando o reproduciendo contenidos? *ReiDoCrea* 8, 186-201.
- [11] ESQUIVEL-MARTÍN, T., PÉREZ-MARTÍN, J.M., BRAVO-TORIJA, B. (2022) ¿Qué evalúan las preguntas sobre división celular en las pruebas de acceso a la universidad? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 19, 1104. doi:10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1104

APLICACIÓN DE TIC Y SALIDA DE CAMPO EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA PARA UNA EDUCACIÓN SOSTENIBLE

Miriam Pérez de los Ríos

Unidad Docente de Antropología Física, Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid (España).

Palabras clave: ciencias de la tierra; clase invertida; innovación; competencias; ODS.

Keywords: earth sciences; flipped classroom; innovation; competencies; SDG.

Resumen

La adecuada enseñanza de las ciencias naturales es fundamental para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por la ONU en su Agenda 2030. Para ello, se propone una unidad didáctica dentro del curso de Biología y Geología de 3º de ESO, donde se estudia la alteración y modificación de los relieves, pudiendo fomentar el pensamiento crítico y reflexivo de los estudiantes como agentes de preservación y conservación del medio natural. Se plantearon tanto actividades innovadoras (uso de TIC) como otras más clásicas (salidas de campo), que potenciaban las habilidades que fomentan el compromiso con el medio ambiente, su protección, promoción y conservación. El uso adecuado y justificado de ambas metodologías mejoraron el clima en el aula, fomentando la autorresponsabilidad del aprendizaje y colaborando en la persecución de las competencias de una forma activa y crítica.

Abstract

Adequate teaching of natural sciences is fundamental for the fulfillment of the Sustainable Development Goals proposed by the UN in its 2030 Agenda. To this end, a didactic unit is proposed within the Biology and Geology course taught during the 3rd year of ESO, where the alteration and modification of landforms are studied, fostering critical and reflective thinking among students as agents of preservation and conservation of the natural environment. Both innovative activities (use of ICT) and more traditional ones (field trips) were proposed, enhancing skills that promote commitment to the environment, its protection, promotion, and conservation. The proper and justified use of both methodologies improved the classroom climate, fostering self-responsibility for learning and actively and critically contributing to the pursuit of competencies.

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias naturales en el sistema educativo español [1,2,3] es un área que posee una gran relevancia para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la ONU [4] dentro de su *Agenda 2030*. Dentro de dichos objetivos, el ODS4 señala la relevancia de alcanzar una educación que apoye la inclusión, la equidad, la calidad y la universalidad, fundada en el desarrollo sostenible y basándose en la adquisición de competencias. Además, añade que el proceso educativo debe adaptarse a todas las fases de la vida de las personas, siendo accesible en cualquier momento y respondiendo a los desafíos actuales de la humanidad. Estos objetivos responden a las necesidades de la ciudadanía actual, pero respetando la naturaleza y con una elevada consciencia y responsabilidad sobre la herencia futura. Dentro de estos ODS, la educación juega un papel fundamental a la hora de promover el desarrollo sostenible y un estilo de vida acorde con las necesidades de la naturaleza. Para fomentar dichas actitudes y poder solventar dichas necesidades, una educación basada en el conocimiento y el respeto del entorno natural (incluyendo la parte biológica y la geológica) se presenta como primordial.

Sin embargo, el interés de los estudiantes en las materias científicas, aunque presente en primaria, disminuye al ingresar a estudios secundarios [5]. Según varios autores, las causas pueden ser diversas, señalando entre ellas la situación social a la que se enfrentan los estudiantes, la dificultad que les plantean las asignaturas de ciencias, el planteamiento del currículo o la situación personal socioeconómica de los estudiantes. Esta situación genera que los ciudadanos que tomarán decisiones en el futuro se estén formando con una carencia evidente en la comprensión del medio natural, de la valoración de su protección y de la utilización equilibrada de sus recursos. Dentro de las enseñanzas de las ciencias de la Tierra, las destinadas a la geología han sufrido especialmente de ausencia dentro del propio sistema educativo y de la relevancia que requieren como disciplina de gran aporte frente a la crisis ambiental presente [6]. Como señala Pedrinaci [6,7], las variables que han influido históricamente en el menosprecio académico de la geología han sido la falta de tradición en esta materia, la presión sobre los profesores que la imparten, el prestigio social que posee y el “consenso” general de la relevancia o no de la materia, tanto en ámbitos socioeconómicos como personales.

En 2011, la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra [8,9], preocupada por la escasa formación geológica que recibían los alumnos, generó una comisión denominada “Comisión qué geología enseñar” con el objetivo de reflexionar sobre las problemáticas dentro de la didáctica de la geología [6]. Esta comisión estaba integrada por una gran parte de instituciones dedicadas a esta disciplina, tanto científicas como pedagógicas y de divulgación. Dentro de la evaluación que realizaron, propusieron 10 ideas clave que todo ciudadano debería manejar dentro del área, entre las que se encuentran la “Idea Clave 3: Los materiales de la Tierra se originan y modifican de forma continua” y la “Idea Clave 4: El agua y el aire hacen de la Tierra un planeta especial”. En base a la urgencia de fomentar el conocimiento geológico de las nuevas generaciones de estudiantes, se han seleccionado estas “ideas” propuestas por Pedrinaci [6] para proponer el desarrollo de una unidad didáctica (UD de ahora en adelante) dentro del curso de Biología y Geología de 3º de Educación Secundaria Obligatoria [3]. En el currículo se incluye un bloque de contenidos denominado “El relieve y los procesos geológicos externos”, donde se fomenta el estudio de la alteración y modificación de los relieves, una de las temáticas más relevantes a la hora de fomentar un pensamiento crítico y reflexivo en el estudiantado para que sean conscientes de su relevancia como agentes de preservación y conservación del medio natural [10].

Teniendo en cuenta la desvinculación que muestra la ciudadanía por las temáticas relacionadas con las ciencias de la Tierra y la gran necesidad internacional por responsabilizarse de los cambios ambientales que está sufriendo el planeta a niveles local y global, se hace prioritario formar a las y los estudiantes en temáticas básicas de ciencias en general y en geología en particular. La enseñanza de la geología no ha mostrado ser eficaz ni adecuada para acercar al estudiantado a las temáticas propias del área, produciendo un efecto negativo en la visión de la ciudadanía sobre la importancia de este conocimiento. Por ello en este trabajo se promueve la adquisición del conocimiento a partir de una co-construcción del mismo por parte del o la docente y el grupo de estudiantes. Para ello, se plantean diversas actividades innovadoras (uso de TIC), así como la implementación de otras consideradas más clásicas (salidas de campo), pero poco aplicadas en la enseñanza de la geología en el sistema educativo de Enseñanzas Secundarias Obligatorias. A partir de estas actividades, se potenciará la persecución de las competencias de aprendizaje marcadas por ley, así como de las habilidades que permitan a las y los estudiantes ser ciudadanos comprometidos con el medio ambiente, su protección, promoción y conservación.

El objetivo principal de este trabajo de fin de máster es la elaboración de una propuesta didáctica dentro del tema “El relieve y los procesos geológicos externos” y se enmarca en el curso de 3º de Educación Secundaria Obligatoria de la asignatura de Biología y Geología, donde se fomente la participación del estudiantado en su formación, aumente su interés por las ciencias y se promueva el pensamiento crítico y reflexivo para formar ciudadanos responsables y conscientes de la protección y promoción del medio ambiente.

Los objetivos específicos son: diseñar actividades que sensibilicen al alumnado acerca de las consecuencias de las modificaciones del relieve y la relevancia de los procesos geológicos como motores de cambio natural; estimular a las y los estudiantes para co-construir aprendizaje en base a la autonomía de su trabajo, especialmente a partir del aprender haciendo; y fomentar la alfabetización científica, generando una propuesta que sea atractiva para el alumnado a través de metodologías innovadoras e inclusivas.

2. MARCO TEÓRICO

La didáctica de las ciencias está basada, según Caballero Camejo y Recio Molina [11], en ocho grandes pilares: el desarrollo cognitivo de las y los estudiantes más que en la memoria; la relevancia de los conocimientos previos individuales de cada alumno; la importancia del aprendizaje que pasa de lo teórico a lo práctico y viceversa; la inmensa aplicabilidad de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación); la integración y utilización de las investigaciones científico-tecnológicas y sociales; la formación ética y consciente frente a las problemáticas medioambientales y de salud; lo fundamental de la multi- e interdisciplinariedad; y la necesidad de lo procedimental a la hora de potenciar el currículo científico.

En esta visión coincide con las bases del constructivismo, teoría centrada en los postulados de Piaget [12] y Vigotsky [13], que señala la importancia del sujeto (en este caso el o la estudiante) a la hora de construir su propio conocimiento a través de la experiencia con el mundo, tanto en su interacción física directa como sus relaciones sociales. Es importante entender la enseñanza de las ciencias como un medio para la democratización del conocimiento [14,15], donde los ciudadanos puedan adquirir una alfabetización científica sin necesidad de pretender ser científicos o investigadores [16].

Sin embargo, en España la didáctica de las ciencias no se ha basado tradicionalmente en estos parámetros inclusivos e innovadores, sino más bien en otros más tradicionales de mera transmisión unilateral de conocimiento [17]. Los procesos de aprendizaje no se han centrado en el alumno como posible creador de conocimiento, siendo la figura de los docentes la de guías, apoyados por el contexto social y la administración, a través de la creación de un currículo situado, sino en cómo el docente debe enseñar en base a su experiencia previa [18]. Además, el cuerpo docente no posee programas de formación para la transmisión de las ciencias de una forma eficaz e innovadora, donde se gestionen reformas pedagógicas y se trabaje en el fomento de la motivación de los estudiantes más allá de la evaluación de contenidos [19].

2.1. Uso de metodologías activas en geología

2.1.1. TIC

Dentro de las nuevas corrientes pedagógicas, las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) son reconocidas como las metodologías que han demostrado fomentar en mayor grado la participación y la motivación de las y los estudiantes [20,21]. Dentro de ellas se encuentra el modelo *flipped classroom* [22], que surge de la necesidad de generar otra forma de entender la sala de clases. En este aspecto, se entrega mayor responsabilidad al alumno en su propio proceso de aprendizaje, consiguiendo que sea más significativo y personalizado, se fomenta el pensamiento crítico y la creatividad, se da un papel relevante a las familias y se mejora el ambiente en el aula, al verse al docente como un facilitador más que a un impositor de conocimiento [23].

Este modelo permite la utilización de diversos recursos, como la instrucción por pares, la gamificación o el aprendizaje colaborativo [24,25]. Todos ellos coinciden en las expectativas formativas y pedagógicas, en las que la información se presenta de formas diversas, atractivas e inmersivas, dando lugar a que las y los estudiantes creen conocimiento a partir de las experiencias propias. Así mismo, generan motivación y entusiasmo en el aula y fomentan el trabajo en equipo. Todas estas metodologías implican un mayor esfuerzo por parte del docente a la hora de preparar con anterioridad las clases, incluyendo el material con el que se trabajará en cada actividad, información relevante de cada tema y ejemplos prácticos que puedan llevarse a cabo. Así mismo, requiere de una reflexión profunda sobre qué estrategias son más adecuadas para el contexto del aula y la temática a abordar.

Actualmente, existen diversas aplicaciones educativas que pueden utilizarse en el ámbito de la gamificación, como *Kahoot®* o *ClassDojo®*. Este tipo de intervenciones también permiten a las y los estudiantes utilizar sus teléfonos móviles, lo que hace que esta experiencia sea más atractiva y cercana a su experiencia diaria. El uso de dichos dispositivos se ha de realizar siguiendo las recomendaciones de la Agencia Española de Protección de Datos (AEPD) y de las consejerías de educación autonómicas. Modificando el clima del aula hacia un espacio más dinámico, se genera una sinergia hacia la participación y el fomento de la resolución de problemas por parte del estudiantado, redefiniendo el proceso de aprendizaje [26]. En el caso de las propuestas de aprendizaje colaborativo [27], los equipos de estudiantes alcanzan objetivos de aprendizajes a través de la discusión y la reflexión común, avanzando juntos y apoyando el desempeño de

sus pares. En este tipo de metodología, los estudiantes valoran muy positivamente el trato entre estudiantes y el clima que se genera [28].

2.1.2. Salidas de campo

Dentro de estos procesos de aprendizaje, la experimentación activa, donde las y los estudiantes interactúan con los sujetos de estudio, permite que la información recibida adquiera un nivel más profundo de comprensión [29]. En el área de la didáctica de las ciencias de la naturaleza y, especialmente en materias como la Biología o la Geología, el contacto con el medio ambiente como medio para el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de salidas de campo formativas/educativas posee un gran potencial didáctico y pedagógico [30,31]. En este tipo de actividades se fomentan habilidades y capacidades como la comprensión de valores, así como la generación de conocimiento significativo basado en lo aprendido en el aula [32,33]. Además, se favorece un diálogo directo con la naturaleza y pone a las y los estudiantes en un entorno de compromiso con su formación individual y colectiva, sobreponiéndose a los límites del aula para el beneficio del aprendizaje [34].

Según Sorrentino y Bell [35] las salidas de campo cumplen cinco propósitos didácticos fundamentales para la didáctica de las ciencias: propiciar experiencia, motivar al estudiante en el ámbito científico, dar relevancia a las ciencias, desarrollar capacidades básicas para la actividad científica, como la observación, y favorecen el desarrollo social e individual. En cursos de educación primaria [10] y en experiencias de educación secundaria [36,37] se valoran muy positivamente entre los estudiantes. Sin embargo, su uso no es tan frecuente como se espera, normalmente dejándose a la voluntad del docente a cargo y no estando especificadas en el programa del curso.

En los últimos años, la visibilidad de esta herramienta en la producción científica ha aumentado levemente, pero todavía se muestra muy infrutilizada, estando en España mejor representada en cursos de educación primaria que de educación secundaria [38]. Además, es una actividad casi exclusiva del ámbito de la biología y la geología, a pesar de que podría utilizarse como una herramienta transversal para toda la didáctica de las ciencias. Algunos autores incluso sugieren que en contextos en los que sea problemático realizar salidas de campo debido al contexto del centro educativo, se recurra a herramientas virtuales [36]. En este ámbito, se podrían utilizar recursos disponibles como *Google Maps* [39,40], la creación de mapas geológicos interactivos [41] o la plataforma *RoundMe* [42].

3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

La unidad didáctica que se plantea (UD de ahora en adelante), se llama “El relieve y los procesos geológicos externos”, y se enmarca en el curso de 3º de Educación Secundaria Obligatoria de la asignatura de Biología y Geología, con una duración de 10 sesiones. Esta UD forma parte de una asignatura troncal de 3º de la E.S.O., Biología y Geología, donde los estudiantes deberían adquirir las destrezas y habilidades reflexivas asociadas al método científico para poder comprender su posición como agentes de cambio de su entorno. Esta UD es fundamental para que los y las estudiantes comprendan la Tierra como un sistema dinámico, donde hay numerosos agentes que modifican el relieve y hay diversos procesos asociados a dicho cambio.

3.1. Metodología

En esta materia se pretende preparar a los estudiantes para que desarrollen una cultura científica que los prepare para tomar decisiones y generar una discusión crítica sobre los aspectos científicos que rodean nuestra sociedad. Para ello, desde un punto de vista didáctico, se trabajarán los siguientes aspectos:

- *Conocimientos previos:* Se dedica una sesión para comprobar los recuerdos de conceptos, procedimientos y análisis de los y las estudiantes. Se realizan preguntas con herramientas como *Kahoot!* y se completan fichas para trabajar algunos conocimientos.
- *Adaptación de las metodologías a las necesidades del aula:* El proceso de aprendizaje se va adaptando a las necesidades del contexto observado en el aula, diseñando actividades de acuerdo a las competencias que se quieren fomentar y a los resultados de aprendizaje que se propone conseguir, todo desde una perspectiva analítica basada en el método científico. Las herramientas a utilizar entre los medios digitales (TIC) son presentaciones en *PowerPoint®*, vídeos de apoyo de contenidos, recursos digitales

como *Google Earth*®, *Google Mars*® o *Google Moon*®, aplicaciones como *Kahoot!*® y mapas tanto en papel como digitales. También se fomenta la metodología activa, como por ejemplo el “aprendizaje de experto”, en el que se entrega un documento que deben leer y explicar a sus compañeros. De esta forma, se adquieren los conocimientos entre pares, consiguiendo un aprendizaje más equilibrado, fomentando el trabajo discursivo, comunicativo y argumentativo.

- *Exposición por parte del profesor y diálogo con los alumnos:* Otras clases son de carácter expositivo por parte del/ la docente, aunque siempre fomentando el debate y la conversación con los estudiantes. El proceso comunicativo entre profesor y estudiante o entre estudiante y estudiante forma parte de la co-construcción del conocimiento entre todos los agentes educativos. Además, la participación activa de la docente en este tipo de metodologías mejorará el uso correcto de conceptos científicos y podrá ser base para que las y los estudiantes obtengan referencias del conocimiento de la materia.
- *Aspectos genéricos:* Todas las metodologías se deben adaptar a la realidad del aula y las necesidades del currículo. Así mismo, para que todo el planteamiento metodológico sea eficiente, los y las estudiantes deberán realizar las actividades recomendadas por la docente de forma responsable a diario y participar en la clase.

3.2. Actividades en el aula

Para la aplicación de todas las actividades en el aula se llevarán a cabo diversas actividades:

Actividades sobre conocimientos previos o de motivación: introducirán al estudiante en las temáticas a abordar durante las sesiones. Suponen una aproximación a los contenidos para el estudiantado, pero también le entregan una idea al/la docente del nivel de comprensión que tienen de la materia, los procedimientos y las herramientas que más les interesan. Para movilizar dichos conocimientos previos se utilizarán herramientas de:

- *Gamificación (Kahoot!):* los y las estudiantes se convierten en jugadores de un concurso virtual con preguntas de verdadero o falso y de selección múltiple. Al final hay una mención especial para los tres estudiantes más precisos y veloces.
- *Evaluación de un relieve:* Con el fin de conocer de primera mano las habilidades de los alumnos para describir un relieve, tanto en conceptos técnicos como en simple capacidad de descripción, se entrega a equipos de 3 estudiantes una imagen con un relieve. En una sesión deben trabajar en equipo y reflexionar sobre el tipo de relieve, los agentes y los procesos que han podido crear dicho paisaje. El documento final se entrega y forma parte de la actividad de exposición que se explica a continuación en “actividades de desarrollo”.
- *Lluvia de ideas:* el o la docente plantea preguntas a los estudiantes sobre algunos de los conceptos que se exploran durante la sesión para evaluar qué grado de profundización poseen sobre ellos. Se anotan en la pizarra y, a lo largo de la sesión y las actividades que se desarrollen en la misma, se completa la información correcta y se corrige la errónea. Con esta actividad se potencia la asociación de ideas y se fomenta la discusión grupal razonada.

Actividades de desarrollo: serán las que ocupen la mayor parte del tiempo de la actividad didáctica. En ella se expondrán conceptos nuevos y también se les dará a los estudiantes la oportunidad de descubrir conocimiento por su cuenta, a través de la búsqueda de información y la reflexión individual y colectiva. Las actividades propuestas son:

- *Clases magistrales o de exposición:* para la introducción y comprensión de algunos conceptos fundamentales para el desarrollo de la UD y la adquisición de las competencias básicas, se exponen de forma sintética y clara conceptos como los procesos y agentes geológicos que influyen en la formación del relieve, la relevancia de la posición y movimientos de la Tierra en el Sistema Solar y los procesos de formación de suelos. Se trabaja con recursos como *Google Earth*®, *Google Mars*® o *Google Moon*® (**figura 1**).
- *Metodología de expertos:* la docente selecciona equipos de 5 personas a los que denominará “expertos”. Se entrega un documento dividido en cinco partes en las que cada experto ha de leer la parte correspondiente a su número en su tiempo extraescolar. En la sesión de aplicación cada experto ha de explicar al resto de sus compañeros lo leído y entre todos, comprender el texto y construir conocimiento.

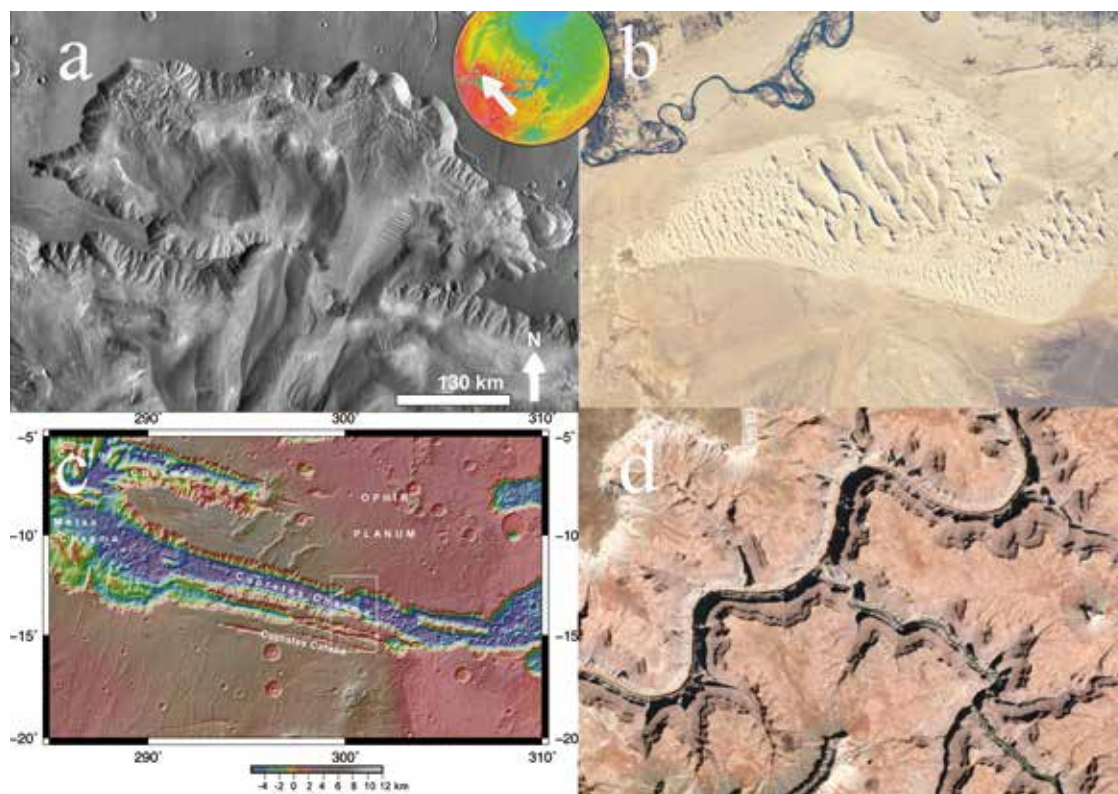


Figura 1. Comparación de la formación de relieve debido a agentes geológicos como el agua o el viento en Marte y la Tierra. a) Dunas de Ophir Charma en Marte, b) Dunas en el desierto del Sahara (Marruecos), c) Cañón de Coprates Chasma en Marte, d) Cañón del Colorado (Nevada y Arizona, EEUU). [a) NASA, c) ESA, b) y c) Wikicommons].

- **Actividades prácticas:** Se entregan actividades relacionadas con la temática del tema, como ejercicios con mapas topográficos y geológicos. En su desarrollo, se realiza el primer ejercicio con ellos a modo de explicación y posteriormente, los alumnos deben resolver el resto de actividades en su tiempo de aula restante y extraescolar. Será un trabajo individual.
- **Excursión:** Se realiza una excursión al Parque Regional del Sureste de Madrid para observar la formación de relieves en el entorno madrileño. Esta actividad se plantea como fundamental para que el alumnado comprenda las dinámicas terrestres actuales en zonas próximas a su localización. El estudiante aprende a partir de la experiencia directa en el campo y comprende su influencia como agente directo de las dinámicas de formación de relieve. En esta actividad se fomenta el trabajo en equipo, valorando el respeto entre compañeros, el apoyo mutuo y la importancia de toma de decisiones en común para resolver las actividades asociadas a la excursión que tendrán que trabajar en grupos de 3 (**figura 2**).
- **Exposiciones orales:** Con el fin de observar las competencias lingüísticas, de exposición oral y las relacionadas con la adecuación del uso de las terminologías científicas adquiridas, se realiza una actividad de exposición por parte de los estudiantes. Esta tarea se basa en la actividad de conocimientos previos sobre la descripción de un relieve.

Actividades de consolidación: favorecen la asimilación final de los conocimientos.

- **Gamificación (Kahoot!):** Igual que la gamificación de motivación, se realiza en una sesión intermedia de UD para observar y reforzar la comprensión de los conceptos.
- **Esquemas y dibujos:** En el cuaderno diario, el estudiantado ha de recoger datos y apuntes de lo aprendido en clase, realizando esquemas y dibujos que le ayuden a comprender los conceptos, de forma individual.
- **Glosario:** Se recoge un glosario con al menos diez conceptos de relevancia para tener una visión más profunda de la materia, de forma individual.



Figura 2. Vista de las terrazas del Jarama desde la laguna del Campillo en Rivas Vaciamadrid. Se pueden observar capas de margas, yesos y carbonatos siendo erosionados por el agua de escorrentías superficiales, así como zonas de abanico asociadas a dicha erosión y deposición del material alterado.

Respecto al tipo de actividades planteadas, estas han sido programadas para atender a la diversidad específica del grupo y son susceptibles de ser modificadas en cualquier momento del curso, en función de las demandas del grupo. En las pruebas escritas se deben indicar elementos de retroalimentación para que los y las estudiantes comprendan sus errores. Además, se debe conversar en el aula sobre los puntos fuertes y débiles generales observados en cada actividad, incidiendo en las estrategias de mejora.

3.3. Dificultades y problemas de aprendizaje

A lo largo del desarrollo de la unidad didáctica pueden surgir problemáticas asociadas al aprendizaje, como la inexperiencia del estudiantado en algún tipo de actividades, como la realización de un perfil topográfico y un corte geológico. Para abordar la diversidad del aula en términos de comprensión de esta actividad, se puede hacer una exposición general repitiendo tantas veces como sea necesario y utilizando diversas estrategias para conseguir la mayor eficacia en la transmisión de habilidades espaciales y de representación. Además, los estudiantes tienen la libertad de solicitar ayudas puntuales, tanto dentro como fuera del aula.

En el caso de la presencia de ACNEE se debe evaluar la situación concreta y adecuar la entrega de información y los procesos evaluativos para asegurar el éxito del aprendizaje del estudiante.

3.4. Evaluación del alumnado y de la propuesta

Es necesario obtener más de un 5 (apto) en la nota final de la ponderación para poder aprobar esta UD. Las evaluaciones tendrán una ponderación como sigue sobre el 100% de la calificación total de la UD:

- Aptitud en el aula (15%): se valoran las intervenciones de los y las estudiantes, su capacidad de escuchar y respetar a los otros. Se evaluará a través de una rúbrica específica.
- Cuaderno (15%): adecuación de los apuntes de clase y el glosario de la asignatura.
- Prueba escrita (53%): prueba de reflexión crítica de los conceptos aprendidos de la UD.
- Exposición oral (10%): grupos de 3 estudiantes exponen la descripción de un relieve, incidiendo en los agentes y procesos geológicos. Deben mostrar una buena capacidad de exposición y correcta terminología de la UD. Se evaluará a través de una rúbrica específica.
- Excursión (3,5%): responden dos preguntas asociadas a lo observado en la excursión y al trabajo realizado previamente en clase. Trabajarán en grupos de 3.
- Prácticas (3,5%): trabajan de forma individual en la resolución de ejercicios de perfiles topográficos y cortes geológicos.

La evaluación de la UD se deberá realizar desde distintas aproximaciones, recomendando realizar una evaluación procesual, una evaluación global, una autoevaluación de la práctica docente a través de un

cuestionario entregado a los estudiantes y el cuestionario propuesto por el Dr. Jesús Cabrerizo Diago [43] sobre la autoevaluación del profesorado. Finalmente, se recomienda realizar una reflexión sobre las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) que surgen durante la práctica.

4. CONCLUSIONES

En general, se podría decir que la aplicación de la UD es exitosa. La motivación de las y los estudiantes se mantuvo constante a lo largo de las sesiones. Esta forma de evaluación continua, en la que se trabaja con distintas metodologías de aprendizaje y diversas herramientas de evaluación, supone un desafío para el estudiantado, acostumbrado tradicionalmente a estudiar solo para un examen final, algo que debe cambiar, pues un proceso equilibrado de aprendizaje debe contar con la implicación de todos los actores. A través de la aplicación de esta UD, donde también se pretendía sensibilizar al estudiantado en torno a la problemática medioambiental y su alfabetización científica, gracias a la diversificación de estrategias docentes, se puede decir que dichos objetivos se han cumplido.

Por una parte, la utilización de metodologías asociadas a la *flipped classroom*, como la gamificación o la metodología de expertos, ha permitido que las y los estudiantes participaran de una forma más activa en la clase y en la persecución de las competencias esperadas. Además, la realización de trabajos en grupos heterogéneos les permite aprender a gestionar y valorar las diversas opiniones y formas de abordar las problemáticas de sus compañeros. Esto fomenta la interacción y consolidación de la clase como grupo humano. Por otra parte, la presentación sobre un relieve propuesto, les permite desarrollar sus competencias comunicativas así como de reflexión en torno a lo aprendido en las sesiones anteriores, sin olvidar sus conocimientos previos. Este tipo de experiencia entrega estrategias fundamentales a la hora de enfrentarse a debates en torno a los problemas medioambientales y sitúa al alumno como agente de cambio y protección del medio natural.

Para finalizar, la salida de campo es una de las actividades mejor recibidas. Durante la jornada en el Parque Regional del Sureste de Madrid, las y los discentes mostraron un gran interés por aplicar sus conocimientos en problemas reales, generando preguntas y discusiones en torno al tema del “relieve”. Esta propuesta demostró la adquisición de un aprendizaje significativo por parte del estudiantado, incluyendo un ejercicio de reflexión profundo sobre el significado medioambiental de las modificaciones del terreno por los agentes geológicos y aquellos bióticos (incluyendo a los humanos como agentes de cambio).

Las metodologías llevadas a cabo en esta UD han generado una mejor y más cercana relación profesor-alumno, se han adaptado a los procesos de aprendizaje de cada estudiante, han promovido la colaboración entre estudiantes y la participación activa de cada uno de ellos. Estos parámetros demuestran que el uso adecuado y justificado de las TIC y otras metodologías como las salidas de campo, mejoran el clima en el aula, fomentan la responsabilidad de los estudiantes con su propio aprendizaje y colaboran en la persecución de las competencias clave de una forma activa.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] LEY ORGÁNICA 2/2006, de 3 de mayo, de Educación LOE (BOE de 4 de mayo).
- [2] LEY ORGÁNICA 8/2013, del 9 de diciembre, de Educación o LOMCE.
- [3] REAL DECRETO 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la ESO y del Bachillerato.
- [4] ONU (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015A/RES/70/1.
- [5] MARBÀ, A., MÀRQUEZ BARGALLÓ, C. (2010) ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de primaria a cuarto de ESO. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 28, 19-30.
- [6] PEDRINACI, E. (2012) Alfabetización en ciencias de la tierra, una propuesta necesaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 20, 133-140.

- [7] PEDRINACI, E. (2006) Geología en la ESO: otra oportunidad perdida. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 14, 194-201.
- [8] AEPECT (2004) Por una alfabetización científica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 12.3, 242.
- [9] AEPECT (2007) La geología que necesitamos. *Alambique* 53, 111-111.
- [10] GÓMEZ GONÇALVES, A., CORROCHANO FERNÁNDEZ, D., PARRA NIETO, G. (2018) Itinerarios didáctico-naturales en educación primaria: el noroeste de Zamora. *Didáctica Geográfica* 18. <https://didacticageografica.age-geografia.es/index.php/didacticageografica/article/view/385>
- [11] CABALLERO CAMEJO, C.A., RECIO MOLINA, P.P. (2007) Las tendencias de la didáctica de las ciencias naturales en el siglo XXI. *Varona*, 44, 34-41.
- [12] PIAGET, J. (1980) *Psicología y pedagogía*. Barcelona: Ariel.
- [13] VYGOTSKY, L.S. (1978) *Pensamiento y lenguaje*, Madrid: Paidós.
- [14] ALIBERAS, J.; GUTIÉRREZ, R.E., IZQUIERDO, I., AYMERICH, M. (1989) La didáctica de las ciencias: una empresa racional. *Enseñanza de las Ciencias* 7, 277-284.
- [15] PORLÁN ARIZA, R. (1998) Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 16, 175-185.
- [16] OLIVERAS PRAT, B., SANMARTÍ, N. (2009) Lectura crítica, una herramienta para mejorar el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, Núm. Extra, 926-930.
- [17] ÁLVAREZ HERRERO, J F., VALLS BAUTISTA, C. (2019) Didáctica de las ciencias, ¿de dónde venimos y hacia dónde vamos? *Revista de Ciències de l'Educació* 1(2), 5-19.
- [18] CARRASCO, J.B. (2011) Enseñar hoy: Didáctica básica para profesores. Síntesis.
- [19] ACEVEDO DÍAZ, J.A. (2008) El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 5, 134-169.
- [20] LINN, M.C. (2002) Promover la educación científica a través de las tecnologías de la información y comunicación. *Enseñanza de las Ciencias* 20, 347-355.
- [21] CAPUANO, V.C. (2011) El uso de las TIC en las enseñanzas de las ciencias naturales. *Virtualidad, Educación y Ciencia* 2, 79-88.
- [22] BERGMANN, J., SAMS, A. (2012) *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. Washington DC: International Society for Technology in Education, pp. 120-190.
- [23] BERENGUER-ALBALADEJO, C. (2016) *Acerca de la utilidad del aula invertida o flipped classroom*. XIV Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. Investigación, innovación y enseñanza universitaria: enfoques pluridisciplinarios. Alacant: Universitat d'Alacant, Institut de Ciències de l'Educació, 1466-1480.
- [24] MALLITASIG SANGUCHO, A.J., FREIRE AILLÓN, T.M. (2020) Gamificación como técnica didáctica en el aprendizaje de las ciencias naturales. *INNOVA Research Journal* 5, 164-181.
- [25] REA-ALVEAR, S.P., CASTRO-SALAZAR, A.Z. (2021) Sistema de actividades educativas basadas en el aprendizaje colaborativo para ciencias naturales. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA* VI. (3), Edición Especial: Educación II, 201-225.
- [26] GARCÍA-CASAUS, F., CARA-MUÑOZ, J.F., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J.A., CARA-MUÑOZ, M.M. (2020) La gamificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje: una aproximación teórica. *Logía, educación física y deporte* 1, 16-24.
- [27] JOHNSON, D., JOHNSON, R. (1975) *Learning Together and Alone, Cooperation, Competition, and Individualization*. Prentice-Hall.

- [28] CANTADOR-GUTIÉRREZ, I. (2016) *La competición como mecánica de gamificación en el aula: una experiencia aplicando aprendizaje basado en problemas y aprendizaje cooperativo*. En: Contreras-Espinosa, R., Eguía-Gómez, J. L. (eds.). *Gamificación en aulas universitarias*. Bellaterra: Institut de la Comunicació: Universitat Autònoma de Barcelona, 68-97.
- [29] EFSTRATIA, D. (2014) Experiential education through project based learning. *Procedia-social and behavioral sciences* 152, 1256-1260.
- [30] BEHRENDT, M., FRANKLIN, T. (2014). A review of research on school field trips and their value in education. *International Journal of Environmental & Science Education* 9, 235-245.
- [31] LEI, S.A. (2010) Assessment practices of advanced field ecology courses. *Education* 130, 404-415.
- [32] HERRERO, C. (2001) *La Sierra Norte de Madrid, El Berrueco, Torrelaguna, Patones y El Atazar*. Madrid: CAM, Servicio de Documentación y Publicaciones, 80 pp.
- [33] WASS, S. (1992) *Salidas escolares y trabajo de campo en la Educación Primaria*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- [34] LÓPEZ DE HARO, L., SEGURA-SERRANO, J.A. (2013) Los itinerarios didácticos: un recurso interdisciplinar y vertebrador del curriculum. *Cuadernos del Profesorado* 6, 15-31.
- [35] SORRENTINO, A.V., BELL, P.E. (1970) A comparison of attributed values with empirically determined values of secondary school science field trips. *Science Education* 54, 233-236.
- [36] LACREU, H. (2017) El paisaje geológico en la enseñanza de las geociencias: ¿Es un recurso didáctico, es un objeto de estudio o ambas cosas a la vez? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 25, 310-318.
- [37] LÓPEZ MARTIN, J.A. (2007) Las salidas de campo: mucho más que una excursión. *Educación en el 2000: Revista de formación del profesorado* 11, 100-103.
- [38] AGUILERA, D. (2018) La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15, 3103.
- [39] ALFARO, P., ESPINOSA, J., FALCES, S., GARCÍA-TORTOSA, F.J., JIMÉNEZ-ESPINOSA, R. (2007) *Actividades didácticas con Google Earth*. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 15, 2-15.
- [40] CÓRCOLES, J.E. (2010) Google Earth. Uso didáctico para Escuela 2.0. *Revista Digital Sociedad de la Información* 20(3), 1-9.
- [41] SPERANDIO, D.G., GOMES, C.H., VIÇOZZI, A.P. (2020) Mapa geológico interactivo: proposta para ensino de Geociências. *Terræ Didática* 16, e020019.
- [42] BECERRA ROMERO, D., BASDOS, I., JOGE GODOY, S. (2019) *La aplicación de la plataforma "Round-me" como recurso didáctico en las ciencias sociales y naturales. Un ejemplo de aplicación en el entorno de la Isleta, Gran Canaria*. VI Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC. Las Palmas de Gran Canaria, 14-15 de noviembre, 405-409.
- [43] CABRERIZO DIAGO, J. (2017) Cuestionario para la Autoevaluación de la Práctica docente del profesorado. Material UNED.

EL CONCEPTO DE ENERGÍA A TRAVÉS DEL DISEÑO DE UN TOBOGÁN EN UN CONTEXTO STEAM EN LA TRANSICIÓN PRIMARIA-SECUNDARIA

Nicolás Rodríguez Romero, Óscar Pueyo Anchuela, Jorge Martín García

Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza. Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA).

Palabras clave: STEAM; plano inclinado; energía; modelo precursor; aprendizaje experiencial; prototipo.

Keywords: STEAM; inclined plane; energy; precursor model; experiential learning; prototype.

Resumen

Diseñar un tobogán para la escuela representa el punto de partida para desarrollar una situación de aprendizaje mediante la metodología STEAM y el aprendizaje basado en proyectos. Los objetivos incluyen trabajar con modelos precursores sobre el plano inclinado, energía y rozamiento, así como comprender el significado de medir, la desviación, la media, y los factores de escala. La secuencia se desarrolla a partir de un debate para exteriorizar los saberes previos, un grupo de actividades prácticas de laboratorio en grupo, puesta en común final de los resultados y el diseño de un prototipo de tobogán a través de *Tinkerkad*.

Abstract

Designing a slide for the school is the starting point for the development of a learning situation using STEAM methodology at a project-based context. The objectives include working with precursor models about the inclined plane, energy and friction, as well as understanding the importance of measurement, deviation, mean, and scaling factors. The sequence develops from a discussion to show prior knowledge, a series of practical group laboratory activities, a sharing of obtained results and the design of a prototype slide through *Tinkerkad*.

INTRODUCCIÓN

El uso del plano inclinado como medio para introducir conceptos relacionados con la energía mecánica, la conservación de la energía, la relación entre fuerza, energía y trabajo, el rozamiento estático y dinámico, y la construcción vectorial de la descomposición de fuerzas es común en la Educación Secundaria Obligatoria. En ese contexto, se presenta como herramienta que puede abordarse tanto desde la abstracción teórica como desde la actividad experiencial. Por citar algunos ejemplos, puede emplearse para el cálculo de la gravedad o para observar la variación del coeficiente de rozamiento [1], o para la introducción de medidas precisas en el laboratorio escolar y el uso de simuladores [2].

Sin embargo, los conceptos tratados son complejos y parten de abstracciones que no son intuitivas y que, en ocasiones, pueden ser contradictorias con la experiencia personal o de la causalidad inferida de la interacción de la vida cotidiana [3,4]. La introducción en el aula desde la propia conservación de la energía, su degradación, o desde una perspectiva antropocéntrica, asociada a la alimentación, los combustibles, los tipos o sus orígenes [5-8], o el arrastre desde la electricidad (confusión entre transformación y transferencia) limita la comprensión de fondo y dificulta el aprendizaje en términos constructivistas y de generación de modelos de interacción precursores [9]. Estos modelos precursores deben ser compatibles con el modelo más científico, aunque se presenten reducidos en su profundidad y complejidad. Algunas de las ideas alternativas que se generan, tanto por la intuición como por el propio diseño del proceso de aprendizaje, afectan tanto a los

conceptos de conservación, transformación, transmisión, fuentes de energía o los objetos como contenedores temporales de energía [10-14] y que se confunde con el uso cotidiano de estos conceptos [15]. La aparición temprana en el sistema educativo de estos conceptos es fuente de percepciones alternativas [16]. Estas dificultades se pueden identificar tanto en los estudiantes por su complejidad y abstracción, como también se encuentran en los propios docentes dificultando el diseño del proceso de enseñanza-aprendizaje [17].

Trumper [18] desaconseja la introducción de la conservación de la energía como conceptualización, y recomienda trabajar a partir de la observación directa y de la interacción. Por otro lado, propone abandonar la definición de energía como capacidad para desarrollar un trabajo. Duit [19] plantea una progresión de aprendizaje similar a través de la transformación de la energía (forma de energía), transferencia de energía y degradación de la energía para culminar con el principio de conservación. Otros autores proponen que trabajar a partir de lo tangible, próximo y observable, orientaría a trabajar a partir de la degradación de la energía [12,16,20-23]. Este enfoque es mucho más intuitivo y permite evitar conceptos alternativos relacionados con el agotamiento de la energía (cuya reflexión de uso es la de la no conservación termodinámica de la energía libre [11]).

Por otra parte, la abstracción necesaria, habitual en las definiciones de energía y su carácter multidisciplinar, dificulta la comprensión del significado y su contextualización. El concepto se aborda desde física, química, biología, economía o geología con definiciones que son foco del desarrollo de percepciones aisladas, de progresión discreta, e interpretaciones locales-causales, o incluso alternativas [14,24-27] en un contexto en el que se puede interpretar la ausencia de una definición holística y universal [28].

Finalmente, distintos autores proponen que la aproximación a través de la abstracción o conceptualización del fenómeno de manera matemática (cuantitativa) o a través de aproximaciones dirigidas a las inferencias cuantitativas tampoco resuelve el problema pues lleva a aproximaciones memorísticas [29,30]. La aproximación desde un enfoque cualitativo puede permitir establecer inferencias de modelización del concepto de energía a partir de la interacción [31]. En el diseño de estas actividades se deben evitar problemas asociados como puede ser el uso de esferas/bolas (elementos que pueden girar y también deslizar produciendo cambios dependientes de la pendiente [32,33]).

En el marco de la enseñanza de las ciencias la introducción de actividades prácticas de laboratorio, desde la concepción empírico-inductivista, es habitual como forma de introducción de los conceptos científicos [34]. Determinados enfoques producen una visión aproblemática de la ciencia, sin significado social o se limita a la posibilidad de interacción para poder desarrollar predicciones y realizar comprobaciones experimentales para su contrastación. Esto sugiere una ciencia independiente de la realidad, de tipo rígido y cerrado, que se orienta hacia una solución única del problema que impide el análisis crítico de los resultados. Se requiere por tanto un diseño orientado a la comprensión del fenómeno, no sólo de tipo demostrativo, y que requiere una contextualización abierta para desarrollar tanto el afloramiento de los conocimientos y perspectivas previas, como el desarrollo de aprendizajes constructivistas a partir de la propia interacción.

Distintos autores han señalado que no sólo por realizar actividades de laboratorio se hace necesariamente ciencia, y en ocasiones el enfoque demasiado estructurado y guiado lleva a una comprensión del fenómeno en unas condiciones de contorno limitadas que dificultan la generalización [36,37] o sólo aplicables en un sistema específico [38]. De ello que sea recomendable el desarrollo de actividades orientadas a la observación de las transformaciones como forma natural de conocer el fenómeno [38].

Por otro lado, no puede descartarse el interés del desarrollo de aprendizajes a partir de la interacción con la realidad, la variación intencional de las variables involucradas en el proceso para describir y comparar los resultados y construir modelos precursores de interacción a partir de la causalidad [39] sea dentro de un contexto de cambio conceptual, sea a través del enfoque didáctico de la fábrica de ideas (FOI; [40]) o de la reconstrucción de los modelos mentales previos a partir de la experiencia y reflexión sobre la observación (en términos de Kolb [41]).

2. LA PROPUESTA DE ACTIVIDAD

El contexto desarrollado en el apartado introductorio define el marco conceptual en el que desarrollar la secuencia de actividades propuestas que fue desarrollada con mayor detalle en el trabajo de Rodríguez Romero [42]. En éste se propone el diseño de una actividad pensada para ser implementada en el último ciclo de Educación Primaria, pero que fácilmente puede replicarse y propagarse a la Educación Secundaria. La secuencia se

desarrolla desde la observación de la interacción, la medida y la modelización del fenómeno primero a partir de la interacción y causalidad; para en cursos posteriores profundizar, conceptualizar y poder abordarlo desde el constructo predictivo matemático.

Con el objetivo de suscitar un aprendizaje constructivista, significativo y con perspectiva contextualizada se diseña la actividad en términos de una situación de aprendizaje en términos LOMLOE. La propuesta es involucrar y motivar a los estudiantes ante la solicitud de diseñar un tobogán para el patio del colegio. La secuencia de actividades se desarrolla a partir de 5 fases (figura 1).

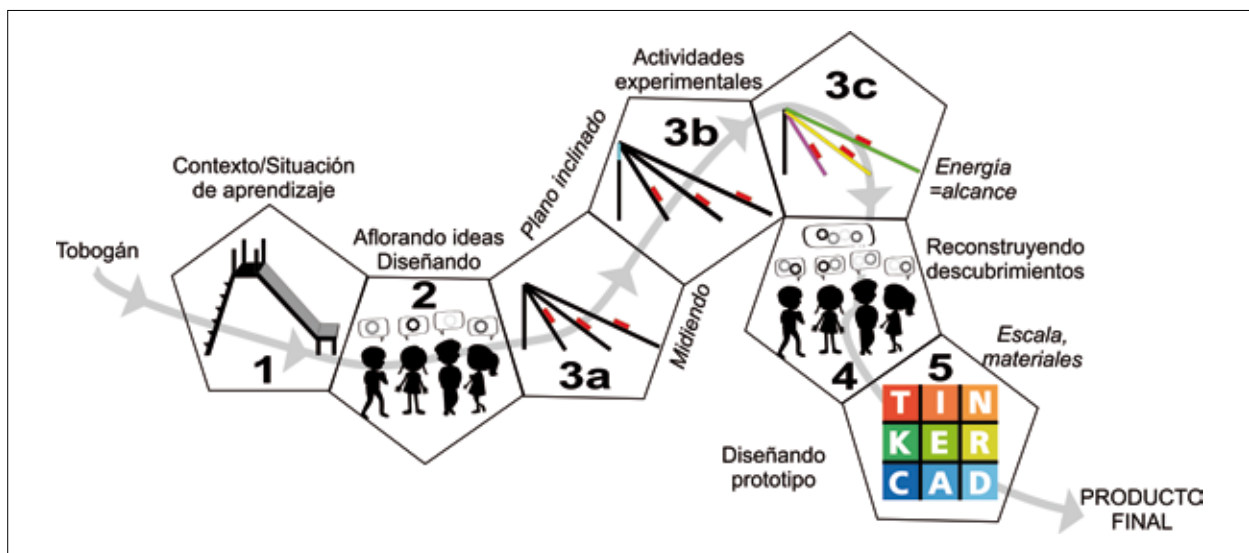


Figura 1. Secuencia de fases del proyecto de diseño de un tobogán para el patio de la escuela junto con los objetivos de las actividades y su progresión.

La Fase 1 establece la situación y contexto de la actividad a través de involucrar al estudiantado en la construcción de un tobogán para el patio de la escuela. La Fase 2 se centra en el desarrollo de un debate para identificar qué elementos deberían tenerse en cuenta para el diseño considerando altura, pendiente o materiales. En esta fase se espera la aparición de ideas previas de los estudiantes sobre su experiencia, observación o qué relación puede haber entre las variables que se pretenden desarrollar en la actividad práctica. Intencionalmente se dirige hacia el diseño de una rampa en la que poder analizar altura y pendiente. La Fase 3 representa la actividad de trabajo experimental, en ella se realiza un montaje en el que los estudiantes, distribuidos por grupos, deben analizar el alcance de un móvil deslizado primero por la rampa y después a lo largo de la mesa del laboratorio. Se ha elegido cómo móvil de deslizamiento un elemento que tiene una superficie lisa y que mantiene contacto solidario con la superficie de la rampa (un sacapuntas; véase la **figura 2**) y se han establecido dos condiciones para considerar un deslizamiento eficaz: que el deslizamiento sea seguro (evitar botes en el desplazamiento) y divertido (evitar un movimiento uniforme). Se evita el término velocidad que es complejo de medir, pero se introduce la observación y registro del alcance después del deslizamiento del móvil en la rampa y mesa. El objetivo es identificar que el alcance no depende de la inclinación de la rampa sino de la altura de la que parte el sistema. Para ello, se plantea que los estudiantes realicen diferentes medidas del alcance sobre la mesa del móvil a medida que se va cambiando la longitud de la rampa. Este enfoque permite identificar que el alcance no depende de la inclinación de la rampa sino de la altura de la que parte el sistema.

La segunda parte de la actividad práctica se desarrolla cambiando la altura del tobogán, utilizando los mismos listones previos para la rampa, y en ella se vuelve a identificar que el alcance se modifica por el cambio de altura, pero no por la pendiente. Esto permite identificar la relación entre altura y alcance. La tercera parte de la actividad añade un aspecto adicional cuyo objetivo es mostrar cómo el alcance no sólo depende de la altura, sino también de la superficie y materiales en contacto (cambio del material sobre la rampa, por ejemplo papel de lija, plástico, gamuza, papel de aluminio, etc.). Aunque no se ha desarrollado, esta actividad permite también evaluar los efectos de la modificación de la masa del móvil (por ej. mediante la incorporación de plastilina dentro del sacapuntas) o el cambio de la superficie de la mesa (por ej. añadir agua). Sin embargo, el



Figura 2. Fotografía de los resultados obtenidos durante la experimentación desarrollada en el laboratorio escolar: [43-45]

análisis desarrollado se ha centrado en identificar el cambio entre altura y alcance dependiendo del material utilizado (identificable a partir del tacto como la rugosidad de la superficie, que *frena* al móvil).

Durante las distintas actividades de laboratorio aparece un objetivo complementario que está relacionado con el concepto de medir (comparar con un patrón), el significado de la precisión, la resolución de las medidas como también de la repetitividad de los resultados. La realización de medidas reiteradas, y la observación de cómo se han realizado, permite identificar la causalidad entre los resultados y los problemas al realizar el experimento, y de manera intuitiva permite identificar la inferencia de un valor oculto al que nos aproximamos a partir de la realización de medidas.

Durante las medidas, si se mantienen hitos de alcance sobre la mesa (palillo con plastilina, mostrado en la **figura 2**), se puede tanto registrar cada medida individual como tomar perspectiva del significado de los resultados en términos de desviación, media o mediana de manera observacional: *¿qué dato sería el que tomaríamos para comparar?*

La Fase 4 se centra en un trabajo a desarrollar en el aula en el que los grupos presentan los resultados obtenidos y donde se fomenta el desarrollo del debate entre los estudiantes. En esta fase el docente puede observar si se han alcanzado los objetivos propuestos, puede intervenir en términos formativos en la reconstrucción de la interpretación a partir de la observación, y tiene la posibilidad de incorporar nuevos experimentos comprobatorios con los materiales utilizados (predicción y contraste con la realidad). La generalización de los aprendizajes se desarrolla en este contexto a partir de un enfoque causal, en términos de desarrollo de modelo precursor de interacción, y donde se dan las condiciones para generalizar (relación entre la altura, la pendiente, el alcance y el material de manera integrada).

La Fase 5 desarrolla el diseño del tobogán a través de la aplicación *Tinkerkad*. Esta aplicación se ha seleccionado por su sencillez, por tratarse de *software* libre y que en el caso en que se cuente con medios se pueden enviar los bocetos desarrollados directamente a una impresora 3D. La aplicación permite el diseño de los elementos a partir de formas geométricas sencillas e incorpora la relación de escala para la construcción, las

dimensiones, orientación y posición de los objetos (**figura 3**). En el diseño se incorporan los aprendizajes desarrollados durante la actividad práctica de laboratorio y además se pueden introducir elementos accesorios que no afectan al sistema, pero que definan el desarrollo artístico del producto, en los colores y elementos complementarios de seguridad o de apariencia. La posibilidad de establecer las dimensiones de los elementos en la aplicación informática y su traslación a la realidad permite también identificar la relación intuitiva de escalado de las figuras y de proporcionalidad en el diseño. El cambio de las dimensiones de los objetos requiere mantener la proporcionalidad del resto de los elementos.

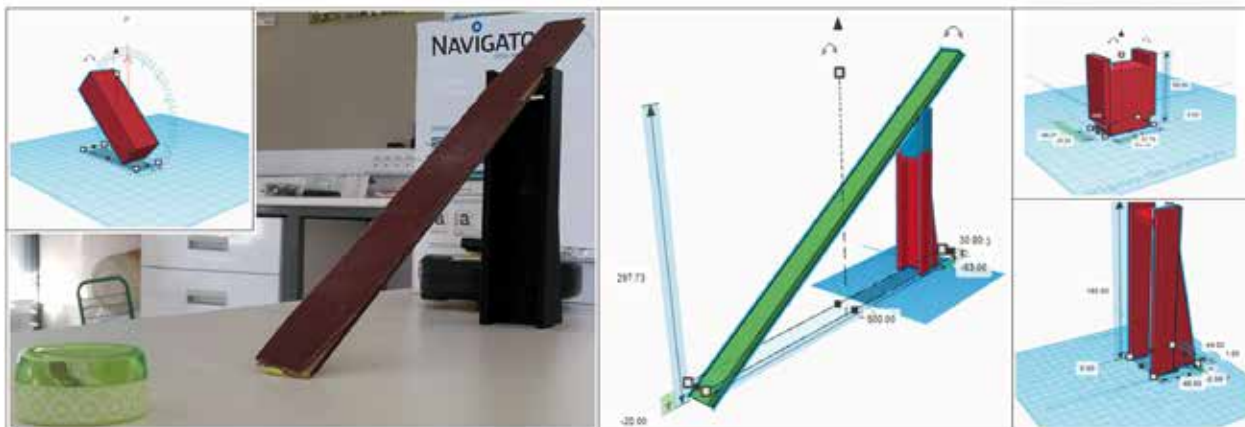


Figura 3. Ejemplo de implementación del tobogán diseñado a partir de bloques individuales con la aplicación *Tinkerkad*.

3. REFLEXIÓN DE APRENDIZAJES A PARTIR DE LA ACTIVIDAD

La propuesta planteada se articula tanto desde una perspectiva de situación de aprendizaje en términos LOMLOE como también a través de una metodología de tipo STEAM. La orientación del aprendizaje de ciencias (física), contextualizado, con el desarrollo en el diseño (arte) y ejecución incorporando tanto la tecnología (ingeniería) como de las matemáticas (medias, desviación o escalas) permite la identificación de la integración de las distintas componentes STEAM.

Considerando el marco teórico desarrollado en el apartado introductorio, en el diseño se pone de manifiesto una adaptación en la que se desarrollan aprendizajes a partir de la interacción, para la construcción de modelos precursores de interacción. Mediante ellos se dota a los estudiantes de un campo de experiencias mayor que el que pueden tener desde su perspectiva personal e individual. También se desarrolla en un contexto guiado y estructurado donde los conceptos y enfoques aplicados no han tenido que ser necesariamente explicitados. Esto no excluye que estén en el diseño de la actividad, o que no permita un trabajo posterior en el que dichos conceptos se puedan desarrollar a partir de referentes experienciales trabajados de manera homogénea previamente.

La orientación de la actividad, desde la perspectiva docente, tiene implícito el tema de la energía, aunque no se explicita como tal, salvo en que cuanto mayor es la altura de inicio mayor es el alcance. La observación permite identificar que el móvil termina parándose. La razón de su detención a partir del cambio de las superficies en contacto permite incorporar que es la relación entre las superficies lo que termina parando el móvil (frenándolo). Construir que la energía se está disipando en forma de calor, es una abstracción compleja, pero que puede desarrollarse a partir del cambio de la superficie y modificación del alcance. La interacción entre los materiales modifica el alcance que era igual con independencia de la inclinación, pero donde el material modifica (frena) el objeto o reduce su alcance, partiendo de que en origen sólo estaba relacionado con la altura de inicio del experimento. La relación entre potencial y alcance se puede establecer sin necesidad de exteriorizar la energía como concepto conservativo, pero sí que reiniciar la caída del móvil (volver a elevar el sacapuntas a la rampa) implica una acción de carga del sistema (elevar el móvil –potencial– que se convierte en alcance en la mesa). En este caso sin entrar en cinética pero que puede aparecer en términos observacionales en la velocidad del móvil entre experimentos de alturas iniciales diferentes.

La propuesta desarrollada genera experiencias guiadas que permiten establecer relaciones causales en las variables involucradas y ampliar la experiencia previa del estudiante en un contexto controlado para generar

modelos precursores de interacción asociados al tópico analizado. Las experiencias desarrolladas sirven como introducción de conceptos que permiten refinar los conocimientos previos y establecer relaciones causales que pueden no ser evidentes. Por otro lado, sienta las bases del desarrollo posterior que puede establecerse mediante la sistematización de dichas variables a partir de un referente previo experiencial. En unos casos permite reconstruir la perspectiva existente previa y en otros casos definir el modelo precursor sobre el que desarrollar niveles de abstracción mayores que pueden ir generándose tanto en situaciones individuales cognitivas diferentes como dentro de la propia progresión curricular en el sistema educativo.

Por otro lado, la realización de la actividad de manera contextualizada permite facilitar la incorporación de los estudiantes en el desarrollo del propio proyecto (situación de aprendizaje), permite suscitar la curiosidad, interés y participación, fomentar la exteriorización de los conocimientos y saberes previos, desarrollar destrezas y competencias asociadas a la propia actividad a través de observar, describir, comparar y predecir cambios a partir de la variación intencional de las variables del sistema, y desarrollar un producto final que integre saberes, conocimientos, disciplinas y metodologías distintas en un sistema encaminado a eliminar, en la medida de lo posible, la visión disciplinar y encorsetada de los saberes sin reflexión de las competencias y destrezas a desarrollar. De manera indirecta, el propio desarrollo de la actividad tiene como objetivo tanto el desarrollo de competencias científicas como también del pensamiento crítico amparado en evidencias y la evaluación del significado de los resultados obtenidos integrando distintas disciplinas, enfoques, competencias o metodologías.

AGRADECIMIENTOS

Grupo BEAGLE de investigación en Didáctica de la Ciencias Naturales (S27_23R Gobierno de Aragón IUCA) y proyecto PID2021-123615OA-I00 (MINECO).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] JOHANSSON, A., LÖFGREN, S.K., ENGER, J. (2024) Sliding down an inclined plane: A new method for measuring gravitational acceleration and kinetic friction in upper-secondary school. *Physics Education* 58, 035019.
- [2] WELLS, P.R., GOODNOUGH, K., GALWAY, G., AZAM, S. (2022) Remote science inquiry instruction for motion on an inclined plane. *International Journal of E-Learning & Distance Education* 37(2). doi:10.55667/ijede.2022.v37.i2.1260
- [3] STYLIANIDOU, F., ORMEROD, F., OGBORN, J. (2002) Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. *International Journal of Science Education* 24, 257-283.
- [4] YUENYONG, C., YUENYONG, J. (2007) Grade 1 to 6 Thai students' existing ideas about energy. *Science Education International* 18, 289-298.
- [5] WATTS, D.B., GILBERT, J.K. (1983) Enigmas in school science: Students' conceptions for scientifically associated world. *Research in Science and Technological Education* 1, 161-171.
- [6] SOLOMON, J. (1983) Learning about energy: How students think in two domains. *International Journal of Science Education* 5, 45-59.
- [7] TRUMPER, R. (1990) Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept – Part one. *International Journal of Science Education* 12, 343-354.
- [8] LINJSE, P. (1990) Energy between the life-world of pupils and the world physics. *Science Education* 74, 571-583.
- [9] RAVANIS, K., BOILEVIN, J.M. (2022) What use is a precursor model in early science teaching and learning? Didactic perspectives. En J.M. Boilevin, A. Delserieys, K. Ravanis (eds.), *Precursor models for teaching and learning science during early childhood*, pp. 33-49. Springer.
- [10] ELLSE, M. (1988) Transferring not transforming energy. *School Science Review* 69, 427-437.

- [11] OGBORN, J. (1990) Energy, change, difference and danger. *School Science Review* 72(259), 81-85.
- [12] SOLOMON, J. (1982) How children learn about energy or does the first law come first? *School Science Review* 63 (224), 415-422.
- [13] TOMAN, U., KARATAS, O.F., CIMER, O.S. (2016) Development and implementation of a standard test to diagnose misconceptions about energy and related concepts: The beginning. *Bayburt Egitim Fakültesi Dergisi* 8, 116-134.
- [14] TRUMPER, R.A. (1998) Longitudinal study of physics students' conceptions on energy in pre-service training for high school teachers. *Journal of Science Education Technology* 7, 311-318.
- [15] BOYES, E., STANISSTREET, M. (1990) Pupils' ideas concerning energy sources. *International Journal of Science Education* 12, 513-529.
- [16] PINTÓ, R., COUSO, D., GUTIÉRREZ, R. (2004) Using research on teachers' transformations of innovations to inform teacher education: The case of energy degradation. *Science Education* 89, 38-55. doi:10.1002/sce.20042
- [17] BEZEN, S., BAYRAK, C., AYKUTLU, I. (2016) Physics teachers' view of teaching the concept of energy. *Eurasian Journal of Educational Research* 64, 109-124.
- [18] TRUMPER, R. (1991) Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept, part two. *International Journal of Science Education* 13, 1-10.
- [19] DUIT, R. (2014) Teaching and learning the physics energy concept. En *Teaching and learning of energy in K-12 education* pp. 67-85.
- [20] CÁRDENAS, M., RAGOUT, S. (1996) Explicaciones de procesos termodinámicos a partir del modelo corpuscular: Una propuesta didáctica. *Enseñanza de las Ciencias* 14, 343-349.
- [21] SCIARRETTA, M.R., STILLI, R., VICENTINI, M. (1990) On thermal properties of materials: Common-sense knowledge of Italian students and teachers. *International Journal of Science Education* 17, 621-634.
- [22] SOLBES, J., TARÍN, F. (1998) Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias* 16, 387-397.
- [23] SOLOMON, J. (1987) Energy---The ghost in the body. *School Science Review* 68(245), 635-644.
- [24] BEYNON, J. (1990) Some myths surrounding energy. *Physics Education* 25, 314-316.
- [25] BROOK, A.J., WELLS, P. (1988) Conserving the circus? An alternative approach to teaching and learning about energy. *Physics Education* 23, 80-85.
- [26] CARR, M., KIRKWOOD, V. (1988) Teaching and learning about energy in New Zealand secondary school junior science classrooms. *Physics Education* 23, 86-91.
- [27] SOLOMON, J. (1985) Teaching the conservation of energy. *Physics Education* 20, 165-167.
- [28] DOMENECH, J.L., GIL-PÉREZ, D., GRAS-MARTI, A., GUIASOLA, J., TORREGROSA, J.M., SALINAS, J., TRUMPER, R., VALDES, P., VILCHES, A. (2007) Teaching of energy issues: A debate proposal for a global reorientation. *Science Education* 16, 43-64.
- [29] NAKHLEH, M.B., MITCHELL, R.C. (1993) Concept learning versus problem solving. *Journal of Chemical Education* 70, 190-192.
- [30] NURRENBERN, S.C., PICKERING, M. (1987) Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education* 64, 508-510.
- [31] PAPADOURIS, N., CONSTANTINO, C. P. (2006) *Design, development and validation of a teaching proposal for energy: Results from a pilot implementation*. GIREP, Amsterdam.
- [32] CRAWFORD, F.S. (1996) *American Journal of Physics* 64, 541.

- [33] WÖRNER, C.H. (2012) Simplemente: el plano inclinado. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 34, 2305.
- [34] CARRASCOSA, J., GIL PÉREZ, D., VILCHES, A., VALDÉS, P. (2006) Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 23, 157-181.
- [35] HODSON, D. (1992) In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education* 14, 541-566.
- [36] HODSON, D. (1994) Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias* 12(3), 47-56.
- [37] GIL-PÉREZ, D., NAVARRO, J., GONZÁLEZ, E. (1993) Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado (II). Una experiencia de transformación de las prácticas del ciclo básico universitario. *Revista de Enseñanza de la Física* 7, 33-47.
- [38] HERON, P., MICHELINI, M., STEFANEL, A. (2009) Teaching and learning the concept of energy at 14 years old. En *Proceedings of selected papers to the Frontiers in Science Education Research Conference*, pp. 231-240.
- [39] POZO, J.I. (1987) *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Visor.
- [40] KOMA, S., MOKUKU, T., MAKATJANE, T., BALCK, C., SERMEUS, J. (2021) The effectiveness of teaching energy in a secondary school using the factory of ideas teaching approach. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education* 25, 27-37.
- [41] KOLB, D. (1984) *Experiential learning experiences as the source of learning development*. Prentice Hall.
- [42] RODRÍGUEZ ROMERO, N. (2022). *El tobogán como objeto didáctico. El modelo STEAM y la metodología por indagación en Educación Primaria* (Trabajo Fin de Grado, Universidad de Zaragoza). <https://deposita.unizar.es/record/69306>
- [43] <https://youtu.be/i08dc4hGnhs>
- [44] <https://youtu.be/XHvEvrfCoo>
- [45] https://youtu.be/Xn_xiuRL2dl

UTILIZACIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN EN FUTUROS PROFESORES DE EDUCACIÓN PRIMARIA PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LA DENSIDAD

Natalia Serrano Amarilla¹, Adán Yanes Gómez², María José Cuetos Revuelta³

¹ Grupo Creatividad, Motivación y Autorregulación en el ámbito educativo (EDUCREAMA). Departamento de Matemáticas y Ciencias Experimentales y su didáctica. Universidad Internacional de la Rioja (UNIR). natalia.serrano@unir.net

² Colegio San Isidro, Salesianos- La Orotava (Santa Cruz de Tenerife). adan.yanes@laorotava.salesianos.es

³ Grupo Creatividad, Motivación y Autorregulación en el ámbito educativo (EDUCREAMA). Departamento de Matemáticas y Ciencias Experimentales y su didáctica. Universidad Internacional de la Rioja (UNIR). mjose.cuetos@unir.net

Palabras clave: experimentación; aprendizaje significativo; aprender haciendo; didáctica de las ciencias naturales; profesores de educación primaria en formación; densidad.

Keywords: experimentation; meaningful learning; learn by doing; didactics of natural sciences; primary education teachers in training; density.

Resumen

La enseñanza de las ciencias naturales, por su naturaleza abstracta, requiere aunar teoría y práctica, permitiendo al alumno aprender haciendo, a través del método científico. Para incentivar la experimentación en las aulas, 52 futuros profesores de Educación Primaria de la Universidad Internacional de la Rioja grabaron un vídeo explicando y realizando un experimento sobre densidad, siguiendo el método científico y aplicando los conocimientos didácticos aprendidos en la asignatura. Entre todos los vídeos se seleccionó uno, que fue visualizado y, posteriormente, ese experimento llevado a cabo por 77 alumnos de 1º ESO, quienes analizaron la actuación del profesor. Tanto los adolescentes como los futuros docentes han afirmado haber aprendido significativamente, ya que la experimentación ha permitido recuperar de forma activa los conocimientos, perdido el miedo hacia la propia experimentación y una mejora en su actitud hacia las ciencias.

Abstract

The teaching of natural sciences, due to their abstract nature, requires combining theory and practice, allowing students to learn by doing, through the scientific method. To encourage experimentation in the classroom, 52 future teachers of Primary Education at the International University of La Rioja recorded a video explaining and carrying out an experiment on density, following the scientific method and applying the didactic knowledge learnt in the subject. Among all the videos, one was selected, which was viewed and the experiment subsequently carried out by 77 students of 1st year of ESO, who analyzed the teacher's performance. Both adolescents and future teachers claimed to have learned significantly, since the experimentation had allowed them to actively recover their knowledge, to lose their fear of experimentation and to improve their attitude towards science.

INTRODUCCIÓN

En una sociedad sustentada por el avance científico-tecnológico, como es la nuestra, es necesario que exista una alfabetización científica desde edades tempranas, no solo para formar ciudadanos críticos y responsables capaces de asumir los retos y la rapidez de los cambios que acontecen fuera de las aulas, sino también para atraer a estudiantes hacia las carreras de índole científica [1]. Por ello la escuela debe transformar la ciencia en

ciencia escolar. Sin embargo, la frecuencia de realización de actividades experimentales en las aulas de primaria y secundaria sigue siendo baja, en parte por las altas ratios, así como por el tiempo y el esfuerzo que tiene que dedicar el docente [2].

Son muchas las exigencias para un buen docente de ciencias para atender a un alumnado diverso. Entre ellas fomentar la competencia científica, que según Pedrinaci y col. [3] hace referencia al “conjunto integrado de capacidades para utilizar el conocimiento científico, a fin de describir, explicar y predecir fenómenos naturales; para comprender los rasgos característicos de la ciencia; para formular e investigar problemas e hipótesis; así como para documentarse y tomar decisiones personales y sociales sobre el mundo natural y los cambios que la actividad genera en él”. Esta competencia científica no solo debe ser desarrollada por el docente, sino también por los discentes, siendo la mejor forma para enseñar ciencias el uso de una metodología basada en la indagación, activa, que dote de significado y utilidad al contenido impartido y contextualizada en la realidad cotidiana del alumnado, proporcionando así un vínculo con el mundo real [4] y ayudando a sacar el máximo rendimiento en el alumnado [5].

Asimismo, no podemos olvidar que la actitud del profesor ante la ciencia influye en cómo va a enseñar esta materia a su alumnado [6]. De hecho, una actitud negativa puede ocasionar inseguridad en el docente y que tienda a impartir las clases de forma magistral [7]. Por tanto, la labor del docente es diseñar situaciones de aprendizaje, así como un clima afectivo que promueva el aprendizaje significativo. Además, siempre debe actuar como ejemplo para sus alumnos, de tal forma que él mismo no solo muestre interés por las ciencias naturales, comprendiendo la dualidad de las mismas (teoría y práctica) sino también demuestre y fomente el pensamiento creativo, que permita al alumnado asociar ideas y por lo tanto generar conocimiento [8], a la par que aprende a adaptarse a los cambios. Dicha creatividad, como alegan Villalobos y Hermosilla [9], en el caso de los docentes, se demuestra en “la utilización de recursos didácticos novedosos y la relación que establecen entre su enseñanza y los problemas de la disciplina”, innovando así en las formas en las que consiguen llegar a todos sus alumnos. De modo que el uso de los recursos disponibles, entre ellos los tecnológicos, sirva para diseñar procesos pedagógicos significativos y estimulantes para los estudiantes [10].

Uno de los problemas del estudio de las ciencias naturales es que utilizan un lenguaje abstracto, alejado del lenguaje coloquial o que utiliza términos conocidos, pero con distinto significado en el ámbito científico y el ámbito familiar, lo que puede suponer una barrera en el entendimiento de las mismas. De ahí que la labor del profesor sea adaptar su lenguaje, mediante herramientas tales como las analogías, metáforas y símiles, consiguiendo así realizar una transposición didáctica [11]. Por otra parte, Tremarías y Noriega afirman que “los docentes como generadores de materiales didácticos deben estar al día con los cambios en la tecnología aplicada y también deben ser capaces no sólo de generar nuevos recursos, sino de adaptar los existentes a las necesidades” [12]. De hecho, entre los recursos didácticos con los que cuenta un profesor se encuentran los vídeos educativos, que están entre los materiales más apreciados por los estudiantes para el aprendizaje [13]. Lo ideal, como se ha comentado, es que el docente cree su propio material, ya que éste estará dirigido de una forma más personalizada hacia su alumnado, lo que ayudará a involucrar a los estudiantes en el aprendizaje. Estos vídeos permiten, como ocurre con el modelo de clase invertida, impartir o ilustrar la teoría o la explicación de protocolos, ahorrando tiempo en el aula, para poner en práctica el contenido y así poder dedicar tiempo a experimentar, interactuar mediante el trabajo cooperativo, buscar soluciones, etc. Todo ello sin olvidar que en la enseñanza de las ciencias naturales las actividades deben fomentar la manipulación, ser válidas para aplicar diferentes niveles de dificultad, desarrollar los sentidos, permitir la interacción en grupos grande y pequeños, así como de forma individual, y emplear en gran medida recursos didácticos baratos, fungibles, de fácil acceso, etc. [12]. Así mismo deben ser actividades variadas, que pongan al alumnado en la situación de poder recuperar la información recién almacenada en sus estructuras cognitivas (actividades de desarrollo, consolidación, aplicación y sistematización). Estas serán las actividades que permitirán al alumnado ser competente, en contraposición a actividades de baja complejidad cognitiva, como definir, recordar o describir [14].

OBJETIVOS

Promover la realización de actividades experimentales entre los futuros profesores de Educación Primaria para que comprendan, de forma significativa, la utilidad de las mismas para la enseñanza de las Ciencias Naturales.

Fomentar la aplicación vivencial de los conocimientos didácticos explicados en la asignatura de Didáctica de las Ciencias Naturales en Educación Primaria (adaptación del lenguaje, diseño de actividades, etc.), así como el aprendizaje de la densidad.

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en la asignatura de Didáctica de las Ciencias Naturales en Educación Primaria, con 52 futuros profesores, cuya edad media era de $34,3 \pm 7,1$ años, que cursaban el cuarto curso del Grado de Maestro en Educación Primaria en la Universidad Internacional de la Rioja (UNIR). Esta universidad utiliza el modelo de *e-learning*, impartándose clases telemáticamente (90 minutos por clase) en directo, aunque las clases se graban y pueden ser visualizadas fuera de línea, en diferido. A los futuros profesores se les propuso realizar un vídeo de corta duración donde realizaran un experimento sobre densidad, explicando el mismo como si estuvieran delante de sus alumnos y en donde aplicaran el método científico y los conceptos explicados en la asignatura para mejorar la docencia de las ciencias como, por ejemplo, la adaptación del lenguaje, la necesidad de mostrar una actitud positiva, fluidez y entonación en su discurso oral y la aplicación de criterios científicos en la elección de los materiales, entre otros. Una vez grabados, tenían que colgar el vídeo en YouTube, en modo oculto, para mantener su privacidad y que solo aquellas personas que tuviesen el enlace al vídeo pudiesen visualizarlo. Este vídeo se subía a un *padlet*, muro colaborativo, donde el resto de los compañeros pudiesen verlo y valorarlo, sirviendo a su vez como un repositorio de diferentes experimentos que los actuales alumnos del grado van a poder utilizar en su futuro como docentes. De los 5 vídeos finalistas, que cumplían los criterios, se seleccionó aquel cuyo experimento era original, sencillo y en el que no se daba la solución al mismo, dejando así que las personas que lo visualicen tengan que hipotetizar, promoviendo así el método científico y la creatividad (**figura 1**). En el vídeo seleccionado el experimento explicado consistía en utilizar 2 vasos de agua, una fría y teñida con un colorante azul y otra caliente y teñida de rojo. Se coloca el vaso azul encima del vaso rojo, separados por un plástico duro. Tras retirar el plástico, deben observar qué ocurre y analizar por qué, para lo cual es necesario aplicar el concepto de densidad.

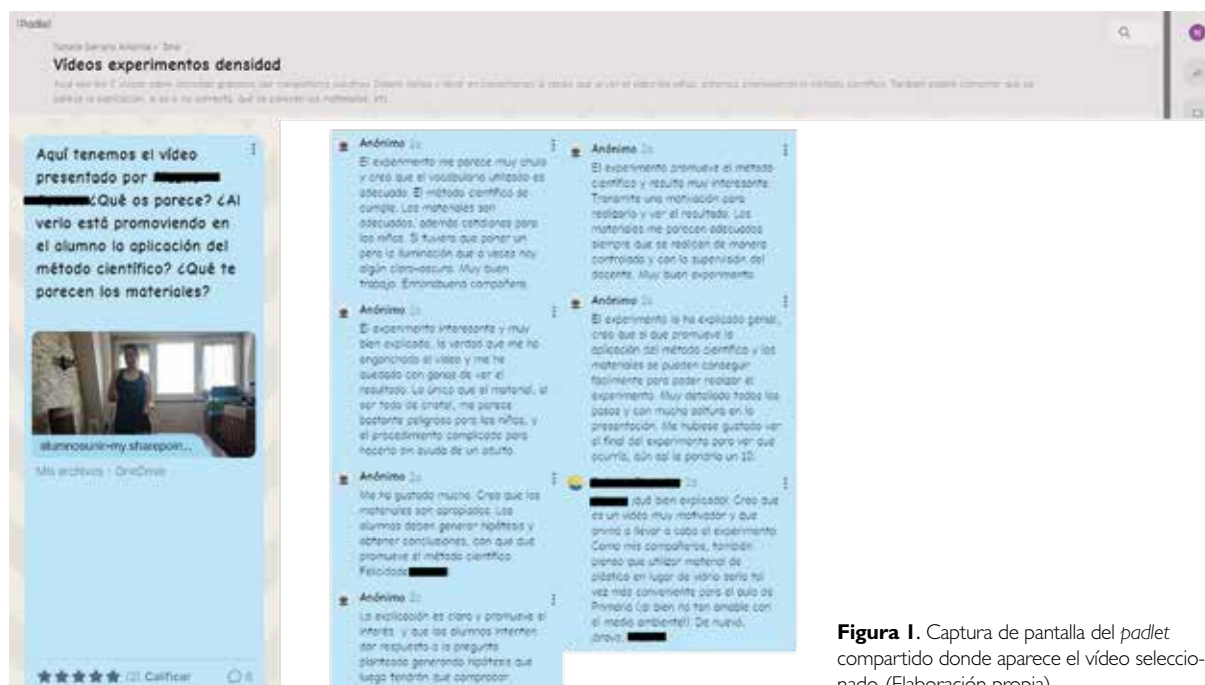


Figura 1. Captura de pantalla del *padlet* compartido donde aparece el vídeo seleccionado. (Elaboración propia).

El vídeo elegido fue visualizado por 77 alumnos de 1º de la ESO (edad media 12 años), del colegio Salesianos - La Orotava (Canarias), en la asignatura de Biología y Geología. Tras la visualización del vídeo, a los alumnos se les realizó un cuestionario teórico (*Google Forms*) sobre densidad y se les dejó buscar información en internet sobre este concepto. Después tenían que reproducir el experimento y contestar un cuestionario sobre el

vídeo visualizado, sobre el futuro docente que lo ha grabado, así como sobre el diseño del experimento. Los datos obtenidos en ambos cuestionarios fueron compartidos con los futuros docentes, quienes posteriormente contestaron a una serie de cuestiones sobre las opiniones arrojadas por los adolescentes, así como sobre la experiencia realizada.

RESULTADOS

Tras visualizar el vídeo, una breve explicación dada por su profesor y buscar información sobre densidad, los alumnos de secundaria fueron interrogados sobre el experimento, de tal forma que tenían que emitir una hipótesis de qué creían que iba a pasar. Así un 67,5% escogió la hipótesis acertada sobre lo que ocurriría cuando se retiraba el plástico que separaba ambos vasos (**figura 2**). Este porcentaje ascendía si se les preguntaba sobre lo que ocurriría una vez que se igualasen las temperaturas de las aguas (**figura 3**).

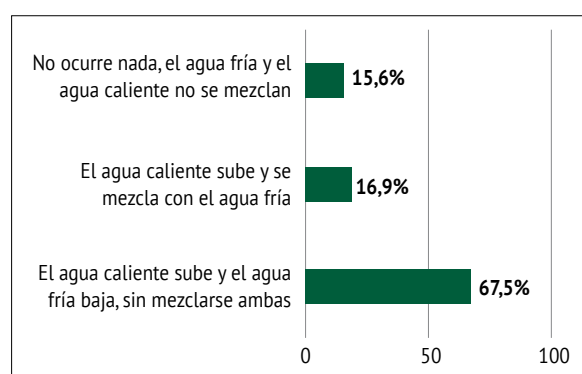


Figura 2. Respuesta a la pregunta "¿Qué crees que pasará tras retirar el plástico con el agua fría y el agua caliente?" (Elaboración propia).

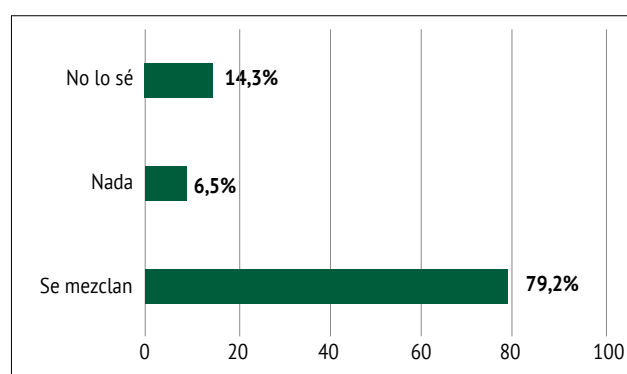


Figura 3. Respuesta a la pregunta sobre "¿Qué pasará cuando las aguas alcancen el equilibrio térmico?" (Elaboración propia).

Sin embargo, cuando se les pregunta sobre si han sido capaces de averiguar el resultado solo con ver el vídeo, tan solo un 23,4% es capaz de afirmar rotundamente que sí, a pesar de que la mayoría acertó en su hipótesis (frente a un 41,5% que declaraba no saberlo y un 35,1% que sabía que no había sido capaz de adivinarlo). Si además se les cambian las condiciones en las que se realiza el experimento, invirtiendo la posición de los vasos, el porcentaje de alumnos que acierta la respuesta es de tan solo un 20,8% (**figura 4**), lo que muestra cómo la teoría no es suficiente para poder comprender el concepto de densidad de forma significativa.

Con respecto a cómo prefieren que se les presente la información relativa para realizar el experimento, los alumnos en un 77,9% escogen el formato vídeo, junto con un protocolo escrito con imágenes (frente a un 3,9% que elige el protocolo y un 18,2% que escoge el vídeo). Además, piensan que aprenderán más si tienen todos los materiales (54,5%) o al menos el formato vídeo (41,6%), frente a solo tener el protocolo (3,9%), siendo éste insuficiente. Esto demuestra que necesitan recibir la información de múltiples formas.

Si analizamos la valoración que hacen los alumnos de secundaria al futuro docente que ha creado el vídeo, tan solo la mitad (51,3%) cree que las instrucciones que se dan en el mismo son claras, a pesar de que la mayoría (88%) cree que el lenguaje que se utiliza en el discurso es correcto, siendo en el 78,8% de los casos simple y nada complejo. Además, el futuro docente consigue transmitir al alumnado de secundaria seguridad (64% de los casos) y curiosidad (59,2% de los casos). Pero, en cambio, el alumnado no termina de

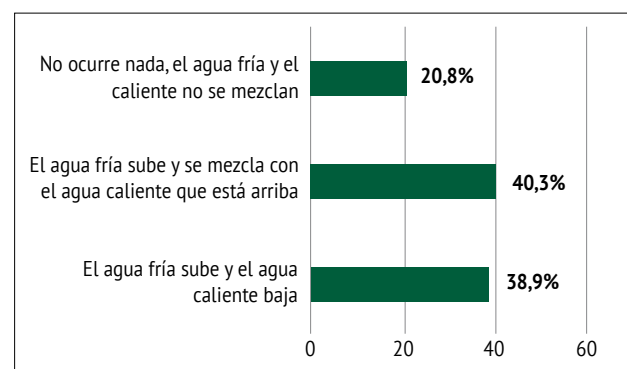


Figura 4. Respuesta a la pregunta "¿Qué crees que pasará si invertimos los vasos de agua fría (ahora abajo) y caliente (ahora arriba)?" (Elaboración propia).

ver la utilidad del concepto estudiado en su vida cotidiana (71,4% frente a un 28,6%), indicando que es importante explicar el objetivo del experimento a los alumnos, pero también contextualizar, para que el aprendizaje realmente sea significativo al aplicar la experimentación como estrategia. De hecho, en el 62% de los casos el alumnado de secundaria afirma que le había quedado claro el concepto de densidad con el experimento, pero en un 71,1% de los casos creen que necesitarían más experimentos para terminar de aclarar el concepto.

Asimismo, el utilizar el vídeo como explicación al experimento, sin darles la solución al mismo, ha hecho que el 60% de los alumnos de secundaria afirmen que creen que aprenden más de esta forma que si hubiesen tenido ya la respuesta de antemano. También un 60% de los alumnos durante la realización del experimento afirma ser consciente de cómo ha aprendido, ya que ha podido ver sus propios errores y desarrollar un pensamiento crítico. De hecho, entre las opiniones ejercidas por los alumnos sobre el experimento destacan aquellas relativas a la dificultad para llevarlo a cabo, ya que se les caía el agua al volcar un vaso sobre el otro, o no conseguían que la diferencia entre temperaturas fuera la idónea. Finalmente, la mayoría de los alumnos cree que su creatividad se ve fomentada con este tipo de actividades (70,7% frente al 29,3%), donde ellos tienen que hallar la respuesta, pensando por sí mismos y asociando ideas.

Con respecto a los futuros docentes, tras la evaluación de los vídeos y la retroalimentación otorgada por los alumnos de secundaria, respondieron a una serie de preguntas sobre la experiencia, donde en la mayoría de los casos se ha corroborado la importancia de plantear experimentos para promover la enseñanza de la ciencia, pero también han aprendido cómo plantear esos experimentos, teniendo en cuenta la actitud, el lenguaje, etc. (figura 5). Han sido conscientes también de que deben documentarse sobre el concepto científico, en este caso densidad, sobre la que también afirman haber aprendido, ya que no solo es suficiente con saber enseñar. Además, el conocer la opinión de un alumnado real (no ficticio), les ha hecho reflexionar sobre los errores que han cometido y que lo que han aprendido en la asignatura de Didáctica de las Ciencias Naturales realmente sirve, ya que adquieren y aplican múltiples técnicas didácticas. Y lo que es más importante, en su mayoría manifestaban haber perdido el miedo a experimentar y ha mejorado su actitud hacia las ciencias naturales.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos apuntan a la importancia que tiene que el alumnado (sea de la etapa que sea) pueda entender la utilidad de lo que le enseñan. En este sentido, los futuros docentes, al obtener una retroalimentación real por parte de los alumnos de secundaria, pueden experimentar que todo aquello que aprenden es válido para su desempeño docente (competencias comunicativas, científicas, emocionales, etc.). Esto hace que cuando tengan que impartir clases en el aula tengan ganas de llevar a cabo experimentos y aplicar el método científico, que es una de las mejores formas de enseñar ciencias, promoviendo así capacidades tan importantes como el desarrollo del pensamiento crítico, la creatividad, la objetividad, etc. El abordaje del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales requiere por parte de los docentes del desarrollo de diversas competencias, entre las que destacan las didácticas, comunicativas, emocionales, metacognitivas, investigadoras, digitales y científicas entre otras [3,15-17].

¿Qué he aprendido didácticamente?

- **Cómo plantear un experimento:** materiales, lenguaje utilizado, dar objetivos, evitar suministrar la respuesta previamente, transmitir seguridad y confianza (actitud).
- Necesidad de **buscar información** y documentarse antes de realizar un experimento.
- Sobre densidad.
- Importancia de **adaptar el lenguaje** a la edad del alumnado.
- Es más difícil de lo que parece, entraña una complejidad de adaptarse a los interlocutores y comprender previamente la teoría es fundamental para transmitirla correctamente.
- Muchos experimentos para un único concepto.
- **Un experimento facilita la enseñanza de la teoría, suscita curiosidad y fomenta el aprendizaje significativo. Se aprende haciendo, jugando y experimentando.**

¿Te ha ayudado el feedback dado por los alumnos de 1º ESO?

- 100% Sí.
- Ajustar la práctica.
- Ponerse en el lugar del alumno.
- Refuerza lo visto en la asignatura de Didáctica.
- Utilidad de los experimentos.
- Promueve la reflexión/metacognición del docente.

La didáctica de las Ciencias Naturales y la experiencia:

- Adquisición de estrategias didácticas.
- Ganas de indagar y experimentar.
- **Perder el miedo, más seguridad. La actitud hacia las ciencias ha cambiado, siendo positiva.**
- Importancia del aprendizaje vivencial y práctico.

Figura 5. Resumen de las opiniones de los futuros docentes ante la experiencia. (Elaboración propia).

A su vez, el haber llevado a cabo el experimento sobre densidad ha hecho que tanto el alumnado universitario como el de secundaria haya podido practicar con los contenidos adquiridos y por lo tanto se les ha dotado de una oportunidad de recuperar de forma activa los mismos, frente a la lectura de un protocolo o a la simple observación de un experimento. En esta línea, Lederman y col. [18] afirman que “los estudiantes aprenden mejor los conceptos científicos haciendo ciencia” para lo cual se ha de aplicar el método científico [19]. Éste consiste en “observar un hecho, analizarlo, reflexionar, experimentar y concluir” [20]; así se promueve entre otras capacidades el rigor, la honestidad, la coherencia, el pensamiento crítico, la curiosidad, la creatividad, la manipulación, el respeto por el medio y destrezas de comunicación, entre otras [21].

Todo ello favorece la participación del alumno en su propio proceso de aprendizaje y, por lo tanto, el aprendizaje significativo, no solo de contenidos de índole didáctica (en el caso del futuro profesor), sino también de contenidos científicos, como es la densidad (en ambos tipos de alumnos).

En este sentido, parece que aún queda camino por recorrer para fomentar el aprendizaje de las ciencias desde las primeras edades, pero sin duda, debido al papel de los docentes en el proceso, se deben potenciar programas de formación docente que apoyen a los maestros, en servicio y en formación, con las herramientas didácticas necesarias para mejorar su práctica científica docente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SÁNCHEZ, V.H.B., BARRIOS, A.E., GARNEL, F.O., BAZA, D.R. (2022) *Temas de cultura científica y tecnológica: Actitud crítica y ciudadanía responsable*. Ciudad de México, Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM).
- [2] PUJOL, R.M. (2003) *La didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid, Síntesis S.A.
- [3] PEDRINACI, E., CAAMAÑO, A., CAÑAL, P., DE PRO, A. (2012) *11 ideas clave: El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona, Grao.
- [4] SANMARTÍ, N., MARCHAN, I. (2015) La educación científica del siglo XXI. *Investigación y Ciencia* 82, 31-39.
- [5] CASEY, A., GOODYEAR, V.A., ARMOR, K. (2017) *Digital technologies and learning in physical education: pedagogical cases*. United Kingdom, Routledge.
- [6] HARLEN, W. (2015) *Working with Big Ideas of Science Education*. Trieste (Italia), Science Education Programme of IAP.
- [7] 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
- [8] CARVAJAL TAPIA, A.E., CARVAJAL RODRÍGUEZ, E. (2019) La importancia del rol docente en la enseñanza e investigación. *Revista de Investigación Psicológica* 21, 107-114. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-30322019000100008
- [9] VILLALOBOS CLAVERIA, A., MELO HERMOSILLA, Y. (2020) Creatividad y transferencia didáctica en la acción pedagógica de docentes universitarios chilenos. *Cuadernos de Investigación Educativa* 11(2), 35-54. doi:10.18861/cied.2020.11.2.2992
- [10] LIU, G.Z., WU, N.W., CHEN, Y.W. (2013) Identifying emerging trends for implementing learning technology in special education: A state-of-the-art review of selected articles published in 2008-2012. *Research in Developmental Disabilities* 34, 3618-3628. doi:10.1016/j.ridd.2013.07.007
- [11] JARA, D.G., CUETOS, M.J., SERNA, A.I. (2015) *Didáctica de las Ciencias Naturales en Educación Primaria*. La Rioja, UNIR Editorial.
- [12] TREMARIAS, M., NORIEGA, T. (2009) Utilización de vídeos didácticos como innovación en la enseñanza de la toxicología. *Educación Médica Superior* 23 (3), 38-44.

- [13] CUETOS, M.J. (2023) Application of the flipped classroom model to stimulate university students' learning with online education. *Journal of Technology and Science Education* 13, 368-380. doi:10.3926/jotse.1806
- [14] KARPICKE, J. D. (2012) Retrieval-nased learning: active retrieval promotes meaningful learning. *Current Directions in Psychological Science* 21(3), 157-163.
- [15] BISQUERRA, R., PÉREZ GONZÁLEZ, J.C., GARCÍA, E. (2015) *Inteligencia emocional en educación*. Madrid, Síntesis.
- [16] GUILLÉN, J.C. (2017) *Neuroeducación en el aula: de la teoría a la práctica*. Reino Unido, CreateSpace.
- [17] SANABRIA RODRÍGUEZ, L.B., LÓPEZ VARGAS, O., LEAL URUEÑA, L.A. (2014) Desarrollo de las competencias metacognitivas e investigativas en docentes en formación mediante la incorporación de tecnologías digitales: aportes a la excelencia docente. *Revista Colombiana de Educación* 67, 147-170.
- [18] LEDERMAN, N.G., LEDERMAN, J.S., ANTINK., A (2013) Nature of science and scientific inquiry as context for learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education of Mathematics, Science and Technology* 1, 138-147.
- [19] RAFFINO, E. (2024) Concepto de ciencias naturales. Argentina. Etecé. <https://concepto.de/metodo-cientifico/>
- [20] FERNÁNDEZ BRAVO, J.A. (2017) *Enseñar desde el cerebro del que aprende*. Madrid: Grupo Mayéutica-Educación.
- [21] JIMÉNEZ, M.A., CAAMAÑO, A., OÑORBE, A., PEDRINACI, E., DE PRO, A. (2003) *Enseñar ciencias*. Barcelona, Grao.

¡NO ME CUENTES CUENTOS Y HABLEMOS DE CIENCIA! ANALIZANDO EL RIGOR CIENTÍFICO EN LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN: UNA APROXIMACIÓN PRÁCTICA EN LA ASIGNATURA DE FISIOPATOLOGÍA Y FARMACOLOGÍA

Luz M.^a Suárez González¹, Irene Martínez de Toda Cabeza¹, Judith Félix Escalera¹, Teresa Peláez Martínez¹, Alberto Orta Ruiz^{1,2}, Gemma Valera Arévalo¹, Julia M.^a Carracedo Añón¹, Marta G. Novelle¹.

¹ Dpto. Genética, Fisiología y Microbiología, Facultad de CC. Biológicas, Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.

² Servicio de Oncología Médica. MD Anderson Cancer Center Madrid. Madrid, España.

Palabras clave: pensamiento crítico; bulos; medios digitales; redes sociales; gamificación; biología.

Keywords: scientific thought; fake news; digital news; social networks; gamification; biology.

Resumen

El rigor y la evidencia científica debe ser una máxima cuando se comparte el contenido en medios digitales; sin embargo, muchas noticias, avances o incluso recomendaciones terapéuticas quedan “enmascarados” por contenidos sensacionalistas que no se han contrastado correctamente. Como docentes y científicos debemos lograr que nuestros estudiantes, los profesionales del futuro, adquieran un pensamiento crítico que les permita discernir entre las noticias con rigor científico, y aquellas que son confusas o incluso falsas. Para ello, implementamos un proyecto educativo donde los estudiantes analizaron individualmente o en equipo la veracidad y el rigor científico de diferentes noticias visualizadas en medios digitales.

Abstract

Rigor and scientific evidence must be a maxim when news are shared on digital media. However, many pieces of news, advances or therapeutic recommendations are “masked” by others with sensational content or which have not been correctly contrasted. As teachers and scientists, we must ensure that our students, the professionals of the future, acquire critical thinking that allows them to discern between news with scientific rigor and those that are confusing or even false. For this, we developed an educational project in which the students individually or in teams analyzed the veracity and scientific rigor of different news shared on digital media.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento científico, así como los datos generados en los últimos años, han alcanzado un volumen importante que, gracias al desarrollo tecnológico y las herramientas de comunicación, permiten una divulgación eficiente entre la comunidad científica, así como la transmisión de estos resultados a los medios de comunicación y en última instancia a la sociedad a nivel mundial. Por ello, actualmente se considera fundamental que los científicos sean capaces de comunicar sus hallazgos de manera eficaz a un público más amplio [1]. Esto no solo ayuda a reducir la brecha de conocimiento entre la ciencia y la sociedad, sino que también combate la desinformación y promueve una comprensión más precisa de los avances científicos.

Sin embargo, es evidente y plausible que el acceso universal a la red y la capacidad de crear y publicar contenido sin restricciones presenta importantes desafíos para la sociedad. Uno de ellos es el discernir entre el contenido científico riguroso y aquel que no lo es, ya que las noticias y fuentes de información con sólida evidencia científica coexisten con contenidos de baja calidad, sensacionalistas, impulsados por intereses empresariales o económicos e incluso con noticias falsas [2]. Es especialmente preocupante la falta de rigor en las noticias relacionadas con diferentes patologías humanas, ya que este es un momento de especial vulnerabilidad del individuo. Desgraciadamente, en los últimos años se ha experimentado una creciente proliferación de noticias confusas sobre la casi totalidad de procesos patológicos humanos apareciendo pseudoterapias y recomendaciones terapéuticas sin rigor científico incluso para enfermedades crónicas y graves.

Estudios recientes han demostrado que la población universitaria es especialmente vulnerable a la manipulación mediante la difusión de información errónea, afectando a sus procesos de toma de decisiones [3]. Se ha demostrado que los docentes universitarios juegan un papel fundamental en la formación y motivación de sus estudiantes, al encontrarse éstos en sus primeras etapas de desarrollo profesional e investigador [4]. Los educadores debemos por tanto desarrollar estrategias específicas para mitigar los efectos adversos de la desinformación en las generaciones más jóvenes, fomentando una sociedad más informada y con capacidad de discernir. Así, el presente proyecto tuvo como principal objetivo inculcar y capacitar a los estudiantes del último curso de Biología en el pensamiento crítico, educar y entrenar su conocimiento sobre el uso de redes sociales para la divulgación científica, así como utilizar estas plataformas para interactuar con la comunidad científica y la sociedad.

Este proyecto, además, aprovechó el potencial del uso de redes sociales para mejorar la enseñanza en la asignatura de Fisiopatología y Farmacología. La alta densidad de estudiantes en las aulas reduce la atención de los estudiantes y su participación [5], y es un reto al que habitualmente se enfrenta la educación superior. Sin embargo, se ha demostrado que se puede incrementar la participación e interés de los estudiantes mediante el uso de foros y redes sociales, lo que mejora el aprendizaje [6-9] al crear un ambiente de discusión asincrónico que además fomenta su aprendizaje autónomo. Así, en el proyecto implementamos el uso de foros y la red social X (antiguo Twitter) para ambos objetivos: luchar contra la desinformación e incrementar el interés de los estudiantes en la asignatura.

Otra de las herramientas aplicadas fue la realización de un trabajo colaborativo, ya que este trabajo en equipo ha demostrado ser eficaz para aumentar la motivación y el interés de los estudiantes [10], incrementando su compromiso y su rendimiento académico mediante el fomento de su participación, lo que a su vez mejora también sus habilidades sociales y de comunicación [10]. Finalmente, para aumentar el interés de nuestros estudiantes promovimos que la difusión de sus resultados fuese en un formato abierto, ya que se ha demostrado que fomentar la creatividad en el entorno educativo potencia el aprendizaje de los estudiantes [11].

Por tanto, los objetivos específicos del proyecto fueron:

- 1- Potenciar el interés, motivación y participación de los estudiantes por la asignatura de Fisiopatología y Farmacología, mediante el estudio de noticias científicas divulgadas en medios digitales.
- 2- Potenciar la colaboración entre los alumnos, mediante el trabajo en grupo con sus compañeros.
- 3- Adquirir un pensamiento científico crítico, necesario para su futuro como profesionales de la biología.
- 4- Potenciar la creatividad de los alumnos desarrollando nuevas formas de comunicar.
- 5- Capacitar al alumnado en el uso de redes sociales y otros medios digitales, como potentes herramientas para la divulgación y la interacción con la comunidad científica y la sociedad.

Es importante resaltar que se eligió implementar este proyecto en la asignatura de Fisiopatología y Farmacología basándonos en dos criterios: 1) por la amplitud del temario que contempla, lo que permite un análisis de gran cantidad de contenido relacionado con los procesos patológicos y su tratamiento comparado en los medios digitales, y 2) porque los estudiantes están próximos a obtener su título de grado, por lo que la adquisición de competencias y habilidades que desarrollen su pensamiento crítico es fundamental para su labor como profesionales en un futuro próximo.

METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

El proyecto se desarrolló durante el curso académico 23/24, enmarcado en las horas de seminarios de la asignatura de Fisiopatología y Farmacología que se imparte en la Mención de Biología Sanitaria de 4º curso del Grado en Biología en la Facultad de Ciencias Biológicas. La asignatura se imparte en el primer semestre (septiembre-diciembre) en dos grupos de teoría (B y F) con un promedio de 60 alumnos matriculados por grupo. El proyecto se dividió en 3 tareas (figura 1):

- 1) **Participación en foros virtuales y redes sociales (X).** Dado que las redes sociales otorgan a cada individuo el poder de convertirse en emisor y difusor de contenido informativo a nivel mundial, se creó una cuenta en **X** específica para la asignatura (@biofisiopato) para que la lucha contra la desinformación tuviera una repercusión más allá de las instituciones académicas. En esta actividad abogamos porque, desde la universidad, el uso de las redes sea siempre constructivo, potenciando que nuestros estudiantes adquieran un pensamiento crítico, un elemento fundamental para su desarrollo profesional. Paralelamente, para la discusión científica en los foros, se crearon foros de debate específicos según el bloque temático de la asignatura a través del campus virtual (sistema nervioso, sistema vascular, etc), donde el profesorado compartía con los estudiantes noticias relacionadas con los procesos patológicos y sus tratamientos. De manera individual, los estudiantes discutían la veracidad de la información o la solidez de la evidencia científica, bajo la supervisión del profesorado. Para incentivar la participación del alumnado e incrementar su interés por la asignatura, se estableció un sistema de puntuación o recompensa mediante la adjudicación de diferentes insignias, lo que ha demostrado ser eficaz incrementando la motivación y rendimiento académico de los estudiantes a la vez que fomenta su autonomía [12]. Así, se otorgaron dos tipos de insignias: (1) al más rápido, aquel que primero respondiera en el foro; (2) por participación, para todo el resto de entradas.
- 2) **Análisis de una noticia en equipos de trabajo.** Se pidió a los estudiantes que formasen libremente equipos de trabajo integrados por 2 o 3 estudiantes y que cada grupo eligiera un tema sobre el que realizar su trabajo dentro del programa teórico de la asignatura. Primeramente, mediante el uso de dispositivos móviles u ordenadores, los alumnos seleccionaban su noticia visualizada a través de X, periódicos, blogs o comentarios de *influencers*, etc. Posteriormente comprobaban o descartaban la solidez científica de dicha publicación mediante la consulta de fuentes fiables de información, principalmente utilizando *PubMed*. Finalmente entregaban, para su evaluación, un trabajo escrito de 2 a 3 páginas de extensión que contuviera un marco introductorio, un análisis profundo, una conclusión y la bibliografía empleada.
- 3) **Exposición oral del trabajo de investigación científica.** El formato de esta exposición fue libre, pero se recomendó la exposición novedosa (tríptico, monólogo, representación escénica, etc.). Posteriormente, cada exposición fue seguida de un debate donde el resto de los alumnos debían preguntar a los que habían expuesto. Además, se pidió a los estudiantes que otorgasen una puntuación a cada exposición realizada en el día, de tal manera que los 3 trabajos mejor valorados, en cada grupo de teoría, por los compañeros obtuvieron un premio simbólico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para analizar la consecución de los objetivos propuestos, los estudiantes fueron encuestados: (1) previamente para conocer sus expectativas una vez explicadas detalladamente las diferentes tareas y antes de su realización (tabla 1) a través de Google Forms, y (2) posteriormente a la realización de las mismas, el último día de la exposición de los seminarios (tabla 2) para conocer su satisfacción una vez concluidas las tareas. Ambas encuestas fueron voluntarias y anónimas. La encuesta previa sólo



Figura 1. Cuadro resumen de las actividades desarrolladas en este proyecto.

fue contestada por 21 alumnos (18,4%), mientras que la posterior fue contestada por 78 alumnos (68,4% de los matriculados). La baja tasa de participación en la encuesta previa pudo ser debida al hecho de que se empleó una metodología en línea, ya que, si bien los cuestionarios en línea presentan múltiples ventajas, las tasas de participación obtenidas con estos cuestionarios son muy inferiores a las alcanzadas en formato papel [13].

Tabla 1. Encuesta de valoración previa, contestada por 21 alumnos, antes de comenzar las actividades.

Valoración general. Preguntas	Escala de importancia				
	NS/NC	En absoluto	No mucho	En cierto modo	Mucho
1. La realización de estas actividades aumentará mi interés por la asignatura.	0	0	28,6%	57,1%	14,3%
2. La realización de estas actividades aumentará mi conocimiento sobre la materia impartida.	0	0	9,5%	57,1%	33,3%
3. La opción de profundizar en temas relacionados con la asignatura me animará a estudiarla.	0	0	14,3%	66,7%	19%
4. Es importante luchar contra la desinformación en los medios digitales.	4,8%	0	0	9,5%	85,7%
5. La realización de estas actividades puede ser útil para desarrollar un pensamiento científico.	0	4,8%	0	42,9%	52,4%
6. Adquirir un pensamiento crítico puede ser útil en mi futura carrera profesional.	0	0	0	9,5%	90,5%
7. La opción de trabajar en equipo aumentará mi colaboración con el resto de los compañeros.	4,8%	0	9,5%	66,7%	19%
8. La opción de trabajar en equipo puede ser útil en mi futura carrera profesional.	4,8%	0	4,8%	52,4%	38,1%
9. La opción de presentar mis resultados en un modelo abierto ayudará a desarrollar mi creatividad.	0	0	28,6%	52,4%	19%
10. El desarrollo de mi creatividad puede ser útil en mi futura carrera profesional.	0	0	14,3%	57,1%	28,6%
11. La comprensión de noticias en otros idiomas, como el inglés, es fundamental para mi futura carrera profesional	0	0	0	19%	81%
12. En general, estaré satisfecho de realizar este trabajo.	4,8%	4,8%	23,8%	52,4%	14,3%
1. La utilización de Twitter me parece una propuesta muy atractiva y novedosa en la facultad.	0	9,5%	23,8%	38,1%	28,6%
2. El sistema de insignias fomentará mi participación en las tareas.	9,5%	4,8%	42,9%	28,6%	14,3%
3. La elaboración de un informe escrito me ayudará a desarrollar mis competencias.	4,8%	4,8%	0	71,4%	19%
4. Me gusta trabajar en equipo.	4,8%	4,8%	9,5%	66,7%	14,3%
5. La exposición en formato libre me parece una propuesta muy atractiva y novedosa.	0	9,5%	14,3%	33,3%	42,9%

En negrita, se destaca la opción mayoritaria seleccionada por los estudiantes.

Tabla 2. Encuesta de valoración realizada por 78 alumnos que han participado en las tareas propuestas.

Pregunta	Escala de importancia				
	NS/NC	En absoluto	No mucho	En cierto modo	Mucho
1. La realización de estas actividades ha aumentado mi interés por la asignatura.	0%	3,8%	26,9%	53,8%	15,4%
2. La realización de estas actividades ha aumentado mi conocimiento sobre la materia impartida.	0%	2,6%	11,5%	61,5%	24,4%
3. La realización de estos trabajos puede ser útil en mi carrera profesional.	2,6%	5,1%	34,6%	39,7%	17,9%
4. Las consultas de tutoría han resultado útiles para preparar estos trabajos.	39,7%	5,1%	15,4%	17,9%	21,8%
5. La realización de estas actividades ha aumentado mi pensamiento crítico.	2,6%	1,3%	20,5%	44,9%	30,8%
6. La realización de estas tareas ha mejorado mi dominio del inglés utilizado en la ciencia.	12,8%	34,6%	37,2%	10,3%	5,1%
7. La realización del informe científico ha mejorado mi capacidad de argumentación científica.	2,6%	3,8%	21,8%	50,0%	21,8%
8. La realización de la exposición en formato libre ha aumentado mi creatividad.	0%	7,7%	21,8%	21,8%	48,7%
9. En general, estoy satisfecho/a con haber participado en la realización de estos trabajos.	0%	5,1%	6,4%	35,9%	52,8%

En negrita, se destaca la opción mayoritaria seleccionada por los estudiantes.

En cuanto a las diferentes actividades desarrolladas, por favor, indica con una X:

Pregunta	Escala de importancia		
	Foros	Análisis de la noticia	Exposición
1. La actividad con la que más he aprendido	19,7%	40,8%	39,5%
2. La actividad que me ha resultado más útil	18,7%	42,7%	38,7%
3. La actividad que más me ha gustado	8,0%	13,3%	78,7%

Los principales objetivos del proyecto eran incrementar el interés, motivación y participación de los alumnos en la asignatura, mediante el análisis de noticias científicas difundidas en medios digitales, para potenciar su pensamiento crítico, y expuestas en formato libre para incrementar su creatividad. Todos estos aspectos fueron muy positivamente valorados en opinión de los alumnos tanto en la encuesta previa como posterior, lo que indica el éxito de los objetivos propuestos (**figura 2**).

Como puede observarse en la figura 2, la mayoría de los encuestados indicaban que la realización de las diferentes actividades propuestas incrementaría su interés por la asignatura, motivación, pensamiento crítico y creatividad y en general estarían bastante satisfechos de participar en el proyecto (cerca a un 68%). A pesar de que las expectativas eran elevadas, la realización de estas tareas ha cumplido enteramente con estos objetivos, ya que en opinión de los alumnos el hecho de realizar estas actividades efectivamente ha incrementado todos estos aspectos en su opinión, estando satisfechos cerca del 90% de los encuestados con su participación en el proyecto, por lo que podemos concluir que hemos logrado los objetivos propuestos.

En cuanto a las diferentes tareas propuestas, a pesar de que la actividad peor valorada por los estudiantes fueron los debates asíncronos en los foros (tabla 2), esta tarea fue un verdadero éxito. El profesorado seleccionó noticias de diferente temática (dietas recomendadas para adelgazar; nuevos tratamientos para diferentes enfermedades neurodegenerativas, desarrollo de anticuerpos para mejorar distintas patologías asociadas a una inflamación, etc.) que pudiesen resultar atractivas para los estudiantes. Gracias a esto, todas las entradas tuvieron al menos una respuesta por parte del estudiantado. Esto, además, se vio favorecido por el sistema de gamificación, ya que se logró una participación del 100% de los estudiantes. Se otorgaron un total de 123

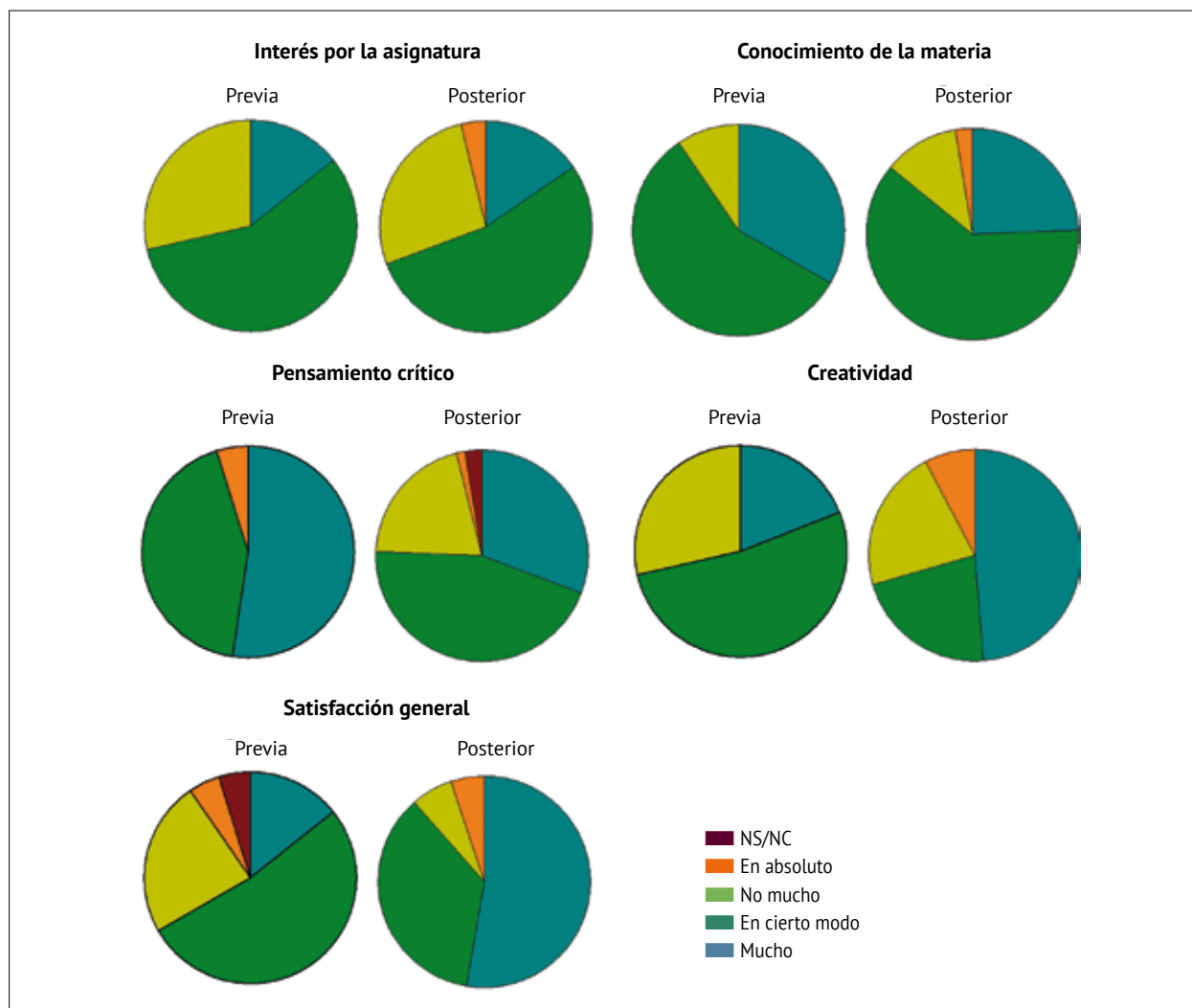


Figura 2. Representación gráfica de los mismos ítems valorados en la encuesta previa y posterior; considerando el 100% la totalidad de las encuestas recibidas.

insignias al más rápido (51 en el grupo de teoría D y 72 en el grupo F) y 81 insignias de participación. Finalmente, tuvimos dos alumnos con alta participación (más de 4 entradas).

Para incrementar la colaboración entre alumnos, tanto el análisis de la noticia como su exposición fueron realizados en equipo. Antes de realizar estas tareas, la mayoría de los alumnos encuestados opinaban que el trabajo en equipo incrementaría la colaboración entre ellos (86% de respuestas positivas, **figura 3**) y en opinión del 81% de los encuestados, este modo de trabajo les resultaba atractivo (figura 3). Aunque en la encuesta de valoración posterior esto no fue específicamente encuestado, sí que podemos observar que, en opinión de los alumnos, las actividades que más han disfrutado han sido las realizadas en equipo, ya que el 13.3% de los encuestados ha disfrutado más con el análisis de la noticia y cerca de un 80% con la exposición de la misma, por lo que podemos constatar que la realización de estas tareas es útil incrementando la colaboración entre alumnos y por tanto la consecución de este objetivo. Es importante destacar que en las exposiciones orales solo un bajo



Figura 3. Resultados de la encuesta de valoración previa en relación con la colaboración entre alumnos (izquierda) y su satisfacción por trabajar en equipo (derecha).

porcentaje (5%) eligió una exposición tradicional frente al 95% restante que seleccionó diferentes formatos más novedosos: trípticos, teatros, vídeos, canciones, cómics, etc. Esto destaca la gran implicación de los estudiantes y explica en parte, la gran acogida que tuvo esta actividad entre ellos.

Finalmente, nuestro último objetivo era capacitar al alumnado en el uso de redes sociales y otros medios digitales, como potentes herramientas para la divulgación y la interacción con la comunidad científica y la sociedad. Como profesionales científicos del futuro, deben desarrollar un pensamiento crítico y tomar conciencia de la importancia de la lucha contra la desinformación en las redes sociales. En este sentido, hemos constatado que el 100% de los alumnos encuestados estaban de acuerdo en que el pensamiento crítico es fundamental para su futura carrera profesional (figura 4) y más del 50% opinaban que el uso de redes sociales en la facultad les resultaba novedoso (figura 4). Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente la escasa participación de los alumnos en la cuenta de X de la asignatura (@biofisiopato) hizo que finalmente nuestros esfuerzos se centraran en incrementar su pensamiento crítico, lo que se ha logrado enteramente según la opinión de los alumnos encuestados (figura 2).



Figura 4. Resultados de la encuesta de valoración previa sobre si la utilización de Twitter (X) parece una propuesta muy atractiva y novedosa en la facultad (izquierda) y sobre si adquirir un pensamiento crítico puede ser útil en la futura carrera profesional de nuestros alumnos.

CONCLUSIONES

El análisis de noticias a través de los foros es una herramienta de gran utilidad para potenciar el pensamiento crítico de los estudiantes de Biología. Su capacidad para ofrecer una experiencia de aprendizaje flexible, contextualizada y estimulante demuestra su potencial para mejorar significativamente la calidad de la educación y motivar a los estudiantes a luchar contra la desinformación. La actividad se vuelve especialmente enriquecedora cuando se

promueve el trabajo colaborativo entre los estudiantes y se facilita una interacción directa con el profesorado. Además, fomentar la creatividad de los estudiantes universitarios es una estrategia eficaz para aumentar su interés y motivación por el estudio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los estudiantes de Fisiopatología y Farmacología del 4º curso del Grado en Biología que participaron en este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BARAM-TSABARI, A, LEWENSTEIN, B.V. (2017) Preparing scientists to be science communicators. En: Patrick, P. (ed.) Preparing Informal Science Educators. Springer, Cham. pp. 437-471. ISBN: 978-3-319-50396-7 doi:10.1007/978-3-319-50398-1_22
- [2] NASEY, M, TUREL, O, YUAN, O. (2023) Combating fake news on social media: a framework, review, and future opportunities. *Communications of the Association for Information Systems* 53, 833-876.
- [3] PLAZA, A.E.C. (2023) Mitigating the impact of fake news on selected college students. *IJARSC* 3, 716-721.
- [4] VALLEJO LÓPEZ, A.B. (2020) El papel del docente universitario en la formación de estudiantes investigadores desde la etapa inicial. *Educación Médica Superior* 34, e1579.
- [5] MULRYAN-KYNE, C. (2010) Teaching large classes at college and university level: Challenges and opportunities. *Teaching in Higher Education, Critical Perspectives* 15, 175-185. doi:10.1080/13562511003620001
- [6] AL-KHARUSI, L.M., AL-YAHYAI, R.A. (2011) Forum as learning enhancement on moodle for undergraduate courses. *Proceedings of INTED2011 Conference*. ISBN:978-84-614-7423-3

- [7] DIUG, B., KENDAL, E., ILIC, D. (2003) Evaluating the use of Twitter as a tool to increase engagement in medical education. *Education for Health* 29, 223-230.
- [8] CEBREIROS ÁLVAREZ, E. (2006) La participación de alumnos en los foros de plataformas virtuales docentes. III Jornadas de Innovación Universitaria: Métodos docentes afines al E.E.E.S. Universidad Europea de Madrid, 14 y 15 de septiembre de 2006.
- [9] FUENTES APARICIO, A., PASTORA ALEJO, B., SUÁREZ ABRAHANTE, R.J. (2020) El foro en la enseñanza universitaria: actividad fundamental para el desarrollo del aula virtual interactiva. *UISRAEL Revista Científica* 7(2), 93–108.
- [10] LOES, C.N. (2022) The effect of collaborative learning on academic motivation. *Teaching & Learning Inquiry* 10. doi:10.20343/teachlearninqu.10.4
- [11] BEGHETTO, R.A., KAUFMAN, J.C. (2010) Nurturing creativity in the classroom. En: R.A. Beghetto, J.C. Kaufman (eds.). London, Cambridge University Press.
- [12] JARAMILLO-MEDIAVILLA, L., BASANTES-ANDRADE, A., CABEZAS-GONZÁLEZ, M., CASILLAS-MARTÍN, S. (2024) Impact of gamification on motivation and academic performance: a systematic review. *Educ. Sci.* 14, 639. doi:10.3390/educsci14060639
- [13] MATOSAS-LÓPEZ, L., ROMERO-ANIA, A., CUEVAS-MOLANO, E. (2019) ¿Leen los universitarios las encuestas de evaluación del profesorado cuando se aplican incentivos por participación? Una aproximación empírica. *REICE, Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación* 17(3), 99-124.

Índice de autores

Acevedo Cantero, Paula	159	Figueroa Torrejón, Ambra	151
Alcázar Montero, Victoria	103 / 207	García Campos, Cecilia	159
Alique Aguilar, Matilde	143	García Frank, Alejandra	255
Alonso Martínez, Ana	111	García Marcos, Sergio	85
Alvarado, Rosa	219	Gil Cid, Esther	47
Álvarez Arteaga, Iván	135 / 65	Goded, Alejandra	165
Aquilino, Mónica	317	Gómez Boronat, Miguel	37
Arenas Jiménez, M ^a Dolores	85	Gómez Mejía, Esther	57
Audije Gil, Julia	85	González Arana, Eva María	241 / 303
Bajo Chueca, Ana M.	235	González Pérez, Sara	65 / 135 / 165
Berazategui Tricanico, Mariana	65 / 135	Guerra Pérez, Natalia	241 / 303
Berzal Fernández, José Andrés	265	Hernández García, Elvira	47
Bringas Bollada, María	273	Herráez Sánchez, Ángel	235
Calés, Carmela	219	Herrero, Óscar	317
Callejón García, Soledad	127	Jiménez Falcao, Sandra	171 / 193
Cano Barquilla, María Pilar	273	Jiménez Ortega, Vanesa	273
Carracedo Añón Julia	143	Laso Salvador, Sandra	69
Carracedo Añón, Julia M ^a	241 / 143 / 303 / 353	Manso del Real, Paula	85
Carrero Espinosa, Julia J.	265	Marco, Eva M.	37
Cruz Reyes, Luis Daniel	281	Maroto Gamero, Rafael Miguel	95
Cueto Revuelta, María José	345	Martín Conde, María	207
De la Fuente Fernández, Almudena	289	Martín García, Jorge	177 / 337
Díaz Guervós, Pilar	119 / 127	Martínez Carrión, José Miguel	11
Díaz León, María Betsabé	65 / 135	Martínez de Toda Cabeza, Irene	241 / 303 / 353
Díez Álvarez, María Eugenia	177	Martínez Pons, José Antonio	185
Díez Ballesteros, José C.	235	Méndez Arriaga, José Manuel	171 / 193
Durand Cartagena, Estibalitz	47	Méndez García, Ainhoa	309
Eff-Darwich Peña, Antonio	65 / 135 / 165 / 227	Moreno Martínez, Luis	199
Escaso, Fernando	317	Muñoz Moreno, Laura	235
Félix Escalera, Judith	241 / 303 / 353	Narváez, Iván	219 / 317
Fernández González, Mercedes	111	Novelle, Marta G.	37 / 353
Fernández Mateos, María Pilar	273	Novo Molinero, Maite	77
Fernández Rodríguez, Lorena	31	Novo, Marta	317
Fernández-Silgado, Candela	219	Ojeda Ramírez, M ^a Dolores	85
Fesharaki, Omid	255	Orta Ruiz, Alberto	353
Figuer Rubio, Andrea	143	Ortega, Francisco	317
		Palacios, Alicia	95

Pascual, Virginia	95	Rodríguez Romero, Nicolás	337
Peláez Martínez, Teresa	241 / 303 / 353	Román Curto, Dolores	235
Perán Mazón, Juan	47	Ruiz Pastrana, Mercedes	69
Pérez de los Ríos, Miriam	151 / 327	Salvadó Belart, Zoel	77
Pérez de Miguelsanz, María Juliana	273	Sánchez Román, Inés	37
Pérez-Martín, José Manuel	317	Sánchez Sánchez, Noelia	295
Pérez, Leticia	95	Serrano Amarilla, Natalia	345
Pinto Cañón, Gabriel	103 / 207	Suárez González, Luz M ^a	241 / 303 / 353
Planelló, Rosario	317	Tomás Cardoso, Rafael	19 / 247
Puebla Jiménez, Lilian	235	Uriz Doray, Irantzu	77 / 309
Pueyo Anchuela, Óscar	337	Urrutia Aguilar, María Esther	281
Ramírez Chamond, Rafael	143	Valera Arevalo, Gemma	143 / 353
Ramiro Bagueño, Julio	265	Valera, Gemma	303
Ramos, Marta	219	Vicente Zurdo, David	57
Recio Aldavero, Jorge	235	Virto Ruiz, Leire	273
Rodríguez de Vera, Caterina	135 / 227	Yanes Gómez, Adán	345
Rodríguez Henche, Nieves	235	Yubero Martínez, Miguel	255

Palabras clave

ABP 111
 actitudes 69
 actividades científico-divulgativas 219
 Álvaro Alonso Barba 185
 antropología física 151
 aprender haciendo 345
 aprendizaje activo 31 / 37
 aprendizaje basado en juegos 65 / 235
 aprendizaje basado en proyectos 165
 aprendizaje basado en retos 235
 aprendizaje cooperativo 37
 aprendizaje entre iguales 119
 aprendizaje entre iguales 165
 aprendizaje experiencial 337
 aprendizaje por descubrimiento guiado 289
 aprendizaje significativo 111
 aprendizaje significativo 345
 aprendizaje-servicio (ApS) 209
 aprendizaje 57 / 151 / 241
 ApS 111
 aula invertida 37
 biodiversidad 127
 biología y geología 295
 biología 241 / 353
 bioquímica 235
 biotecnología 319
 bulos 353
 calor 65
 cambios de estado 65
 ciclo celular 295
 ciencia ficción 95
 ciencias de la salud 143
 ciencias de la tierra 227 / 327
 cinemática 31
 clase invertida 327
 co-tutela 143
 colaboración 241
 competencia digital docente 295
 competencia STEM 103

competencias científicas transversales 57
 competencias 177 / 327
 complejo organometálico 171
 comunicación efectiva 159
 conciencia ambiental 69
 concienciación 85
 concursos científicos 219
 conocimiento científico 255
 consejo dietético 159
 conservación 151
 constelaciones LEO 265
 criterios ASG 247
 currículo 177 / 227
 densidad 345
 dibujo libre 255
 didáctica de la luz y la visión 309
 didáctica de la química 199
 didáctica de las ciencias naturales 19 / 345
 disciplinas STEAM 309
 diseño y análisis 265
 divulgación de áreas STEAM 209
 divulgación matemática 47
 ecosocial 127
 educación ambiental 69 / 127
 educación en salud 85
 educación infantil 77
 educación no formal 177
 educación primaria 77 / 135
 educación secundaria 103 / 177 / 227
 educación 281
 energía 337
 enfermedad renal crónica 85
 enfoques STEM y STEAM 19
 enlace de comunicaciones 265
 enseñanza de las ciencias 19
 enseñanza secundaria 95 / 199
 enseñanza universitaria 247
 entrevistas profesionales 303
 erupción 135

estrategia didáctica	281
estudiantes de doctorado	143
etología	37
eXeLearning	295
experimentación	345
experimentos de laboratorio	119
exploración espacial	165
exposición	309
física y química	199
fomento de la ciencia	119
formación	69
gamificación	273
gamificación	353
geometría molecular	289
grados de ciencias de la salud e ingenierías	57
grados universitarios	143
habilidades de gestión	227
Halloween	119 / 171
historia de la química	199
historia económica	11
ideas alternativas	255
ingeniería escolar	77
ingeniería genética	319
inmunología	303
innovación docente	11
innovación educativa	303
innovación	327
insectos	127
interés	241
investigación activa	219
IoT	265
jóvenes investigadores	219
laboratorio escolar	199
literatura infantil	85
literatura	95
ludificación	31
manejo de colecciones	151
medios digitales	353
metodología activa	65
modelo centrado en el paciente	159
modelo precursor	337
modelo	135
modelos moleculares	289
moodle	273
motivación del alumnado	193
motivación estudiantil	303
motivación	241 / 273 / 281
nuevas profesiones	247
nutricionistas	159
oasis de mariposas	127
objeto digital educativo	295
ocio y cultura	209
ODS	11 / 327
operaciones básicas	185
organismos transgénicos	319
osteología	151
paseos divulgativos	209
pensamiento crítico	353
percepción de los estudiantes	57
percepciones del profesorado	177
pinturas y pigmentos	185
piratas	193
plano inclinado	337
plásticos	103
pódcast	303
polímeros	103
polinizadores	127
prácticas de laboratorio	57
prácticas de simulación	159
prácticas virtuales	319
profesores de educación primaria en formación	345
prototipo	337
proyectos	111
química inorgánica avanzada	171
química	57 / 193
reacciones de precipitación	185
reacciones químicas	171
reactivos limitantes	185
realidad aumentada	309
recurso educativo abierto	295
recursos en línea	319
redes sociales	353
reflexión guiada	37
reproducción en plantas	255
riesgos naturales	227
salas de escape	235
satélites	265
semilla	255
sensibilización	85
sostenibilidad curricular	11
sostenibilidad	68 / 247
STEAM	337
STEM	31 / 77 / 165

talleres científicos 219
 tecnología educativa 309
 tecnología 281
 tematización de clases 193
 temperatura 65
 tensegriades 47
 teoría RPECV 289
 TIC 273

trabajo colaborativo 235
 trabajo colaborativo 31
 trabajo de fin de grado 143
 trabajo en equipo 235
 trabajo interdisciplinar 95
 universidad española 11
 volcán 135
 wooclap 273

Keywords

active learning 31 / 37
 active research 219
 advanced inorganic chemistry 171
 alternative ideas 255
 Álvaro Alonso Barba 185
 analysis and design 265
 attitudes 69
 augmented reality 309
 awareness 85
 basic operations, limiting reagents 185
 biochemistry 235
 biodiversity 127
 biology and geology 295
 biology 241 / 353
 biotechnology 319
 butterfly oasis 127
 cell cycle 295
 challenge-based learning 235
 changes of state 65
 chemical reactions 171
 chemistry 57 / 193
 children literature 85
 chronic kidney disease 85
 collaboration 241
 collaborative work 31 / 235
 collection management 151
 communication link 265

competences 177 / 327
 conservation 151
 cooperative learning 37
 cross-disciplinary scientific skills 57
 curricula 227
 curricular sustainability 11
 curriculum 177
 degree thesis 143
 density 345
 didactics of chemistry 199
 didactics of light and vision 309
 didactics of natural sciences 345
 dietary advice 159
 DigCompEdu 295
 digital competence for educators 295
 digital learning object 295
 digital news 353
 early childhood education 77
 earth sciences 227
 earth sciences 327
 eco-social 127
 economic history 11
 education 281
 educational innovation 303
 educational technology 309
 effective communication 159
 elementary education 77

energy	337
engineering in schools	77
environmental awareness	69
environmental education	127
environmental education	69
eruption	135
escape room	235
ESG criteria	247
ethology	37
eXeLearning	295
exhibition	309
experiential learning	337
experimentation	345
fake news	353
flipped classroom	37 / 327
free drawing	255
game-based learning	235
game-based learning	65
gamification	273
gamification	31
gamification	353
genetic engineering	319
guided discovery learning	289
guided thinking	37
Halloween	17 / 119
health education	85
health science	143
health sciences and engineering degrees	57
heat	65
history of chemistry	199
ICT	273
immunology	303
inclined plane	337
innovation	327
insects	127
interdisciplinary work	95
interest	241
IoT	265
kinematics	31
laboratory experiments	119
laboratory practice	57
learn by doing	345
learning	57 / 151 / 241
leisure and culture	209
LEO constellations	265
literature	95
management skills	227
mathematics outreach	47
meaningful learning	111
meaningful learning	345
model	135
molecular geometry	289
molecular models	289
moodle	273
motivation	241 / 273 / 281
natural hazards	227
natural science didactics	19
new professions	247
non-formal education	177
nutritionists	159
online resources	319
open educational resource	295
organometallic complex	171
osteology	151
outreach guided tours	209
paints and pigments	185
patient-centered model	159
PBL	110
peer learning	119
peer to peer learning	165
peer-tutoring	143
PhD student	143
physical anthropology	151
physics and chemistry	199
pirates	193
plastics	103
podcast	303
POGIL	37
pollinators	127
polymers	103
precipitation reactions	185
precursor model	337
primary education teachers in training	345
primary education	135
professional interviews	303
project-based learning	165
projects	111
prototype	337
reproduction in plants	255
satellites	265
school laboratory	199
science fiction	95
science promotion	119
science teaching	19

scientific contests	219	STEM	31 / 77 / 165
scientific dissemination activities	219	student motivation	193 / 303
scientific knowledge	255	student's perception	57
scientific thought	353	sustainability	247
scientific workshops	219	sustainability	69
SDG	327	teacher perceptions	177
SDGs	11	teaching innovation	11
secondary education	95 / 103 / 177 / 199 / 227	teaching strategy	281
seed	255	teamwork	235
sensitization	85	technology	281
service learning	111	temperature	65
Service-Learning	209	tensegrities	47
simulation practices	159	themed classes	193
social networks	353	training	69
space exploration	165	transgenic organisms	319
Spanish university	11	university teaching	247
STEAM	337	university	143
STEAM disciplines	309	virtual practices	319
STEAM outreach	209	volcano	135
STEM and STEAM approaches	19	VSEPR theory	289
STEM competence	103	wooclap	273
		young researchers	219

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: 978-84-09-69922-3

DOI: 10.5281/zenodo.14009507

Editan: Colegio de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de la Comunidad de Madrid (CDL) / Colegio Oficial de Docentes.
Grupo Editorial SM.

Diseño y maquetación: OGR Comunicación.

Colaboran:

