



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



Universidad
Complutense
Madrid



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



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

Marisa González Montero de Espinosa
Alfredo Baratas Díaz
Ángel Herráez Sánchez
(editores)

Comité editorial

Marisa González Montero de Espinosa

Coordinadora del Seminario de Biología, Geología, Física y Química del Colegio Oficial de Docentes. Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de la Comunidad de Madrid.
Grupo de Investigación de la UCM «Valoración de la condición nutricional en las poblaciones humanas» (www.epinut.org.es).

Alfredo Baratas Díaz

Profesor titular de Historia de la Ciencia, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid.

Ángel Herráez Sánchez

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

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

Comité científico

Ana García Moreno

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

Ángel Herráez Sánchez

(Universidad de Alcalá).

Miguel Ángel Madrid Rangel

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

María Dolores Marrodán Serrano

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

Ignacio Meléndez Hevia

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

Pablo Pardo Santano

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

Gabriel Pinto Cañón

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

Germán Ros Magán

(director del grupo de investigación ICC: investiga, construye y crea.
Dep. de Física y Matemáticas, Universidad de Alcalá).

Domingo Sánchez Figueroa

(subdirector del área de Matemáticas en editorial Santillana).

David Sánchez Gómez

(editor ejecutivo de las áreas de Física, Química y Tecnología en editorial Santillana).

Entidades colaboradoras

Colegio Oficial de Docentes. Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de la Comunidad de Madrid.

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

Real Sociedad Española de Historia Natural (RSEHN).

Real Sociedad Española de Física (RSEF).

Real Sociedad Española de Química (RSEQ).

Fundación para el Conocimiento madri+d.

Presentación

Un famoso divulgador científico en el ámbito norteamericano, Bill Nye, sostiene que «la ciencia es la clave de nuestro futuro y si tú no crees en la ciencia, entonces nos estás reteniendo a todos hacia atrás». Nye sabe bien de qué habla porque su especialidad, si así puede llamársele, consiste precisamente en acercar el conocimiento científico y tecnológico a los más jóvenes, incluso a un público infantil. De este modo, no sería exagerado decir que convergen aquí dos modos de entender el futuro: por un lado, el futuro de la humanidad depende de la ampliación y profundización de nuestro entendimiento del mundo; por otro, el futuro está obviamente en las manos (actividad) y en los cerebros (comprensión) de los que nos sucedan, esas nuevas generaciones que ahora dependen de nosotros como aprendices o alumnado que ocupan los pupitres, utilizan las bibliotecas, experimentan en los laboratorios y llenan en fin las aulas de colegios, institutos y universidades.

El futuro, pues, es de ellos, pero todavía nosotros, los que nos dedicamos a la docencia, podemos intervenir decisivamente. Pues nosotros tenemos la responsabilidad de formarlos de manera adecuada, orientarlos en la dirección correcta y proporcionarles todos los medios para que puedan desarrollar su tarea en las mejores condiciones posibles. El horizonte es prometedor, el objetivo es ambicioso, pero no podemos desconocer que los retos son formidables porque el mundo en que nos movemos es extraordinariamente complicado y tenemos que luchar con obstáculos derivados de la miseria, la desigualdad, la incultura, la demagogia y, ¿por qué no decirlo?, hasta de la pervivencia de un cierto oscurantismo. La pandemia que viene azotando al mundo desde hace casi dos años nos ha puesto a prueba a todos en múltiples sentidos. Es sintomático en este contexto el hecho de que, aunque la ciencia marque el camino, como ha pasado por ejemplo con las vacunas, haya importantes sectores de la población que mantengan posiciones renuentes a la teoría y la práctica científicas.

Quizá haya necesidad por ello de insistir en lo obvio y repetir lo que muchos de nosotros consideramos incuestionable, que el conocimiento científico y tecnológico es el mejor medio que tenemos los seres humanos para ubicarnos en el mundo y resolver los problemas de todo tipo que genera la presencia humana en este planeta. Ahora bien, no es menos cierto que, con el progreso, la ciencia y la tecnología se hacen cada vez más complejas y, con ello, uno de los desafíos más arduos consiste en hacerlas accesibles y atractivas a esas jóvenes generaciones de las que hablábamos antes. Los docentes están obligados a hacer un permanente esfuerzo de sencillez y clarificación que es casi como una cuadratura del círculo: explicar de manera atractiva una realidad que se presenta a menudo como enrevesada y hasta desconcertantemente ininteligible. En otras palabras, para expresarlo de un modo más convencional, hacer fácil lo difícil.

Ese es el gran propósito que nos ha animado al Comité Editorial y a los participantes en esta obra. Como queremos ser conscientes de que las dificultades antes apuntadas convierten esta iniciativa en una gota de agua en el mar, nos resistimos a lanzar las campanas al vuelo al proclamar la posible repercusión de todas estas contribuciones que, en todo caso, se deben atribuir al entusiasmo de tantos docentes de todos los niveles de la enseñanza. Ahora bien, esta modestia autoimpuesta tampoco debe llegar al nivel de no reconocer –no reconocernos– que el esfuerzo merece la pena y esperamos que el resultado –los resultados– influyan activamente en el ámbito de las enseñanzas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

Es obligado mencionar aquí las instituciones que han contribuido a que este libro pueda ver la luz: el Colegio Oficial de Docentes, la Universidad Complutense de Madrid (UCM), la editorial SM y el grupo de investigación EPINUT, de la Universidad anteriormente citada. Tampoco se puede olvidar a otros organismos que han colaborado de diferentes modos en la realización de esta obra, como el Grupo de Didáctica e Historia de la Física y la Química, el Grupo Especializado de Enseñanza de la Física, el Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid, las Reales Sociedades Españolas de Química, de Física y de Historia Natural, y Madri+d

Finalmente, queremos manifestar nuestro enorme reconocimiento a todos los autores y a su alumnado que han sido los auténticos protagonistas y los responsables fundamentales de la publicación de este volumen, el cual esperamos que sirva de referencia didáctica y científica al profesorado que imparte las disciplinas STEM en todos los niveles educativos.

Marisa González Montero de Espinosa

Ángel Herráez Sánchez

(Miembros del Comité Editorial)

Índice

Contribución invitada	9
<i>Creando puentes entre la educación secundaria y la universidad</i>	
Fernández Novell, Josep M.	11
La ciencia en el aula: materiales y experiencias	19
<i>Trabajo Fin de Grado Interuniversitario: estrategia cooperativa de implementación de aprendizaje</i>	
Alique, Matilde; Ramírez, Rafael; Carracedo, Julia	21
<i>Análisis de la enseñanza de procedimientos científicos en educación infantil: desarrollo de destrezas científicas en la etapa 3-6</i>	
Aranda-Cuerva, Elena; Pérez-Martín, José Manuel	29
<i>Villagusano y el misterio de la comarca</i>	
Blázquez de Paz, Isabel	39
<i>La estructura conceptual de la química: implicaciones didácticas y curriculares en la progresión del aprendizaje de los conceptos de sustancia y reacción química</i>	
Caamaño Ros, Aureli	45
<i>Seminarios que trascienden fuera del aula y del curso académico: Una oportunidad para practicar la profesión de científico</i>	
Carracedo Añón, Julia; Marrodán Serrano, María Dolores	55
<i>Acciones para favorecer el aprendizaje y la motivación en asignaturas de Bioquímica</i>	
Carrero Ayuso, Isabel	63
<i>Física con pajitas ecológicas</i>	
Cassinello Espinosa, Pablo; Ramiro Roca, Enric	71
<i>La evaluación del trabajo experimental en las pruebas externas de química preuniversitaria de España, Reino Unido e Irlanda y su uso como recurso didáctico</i>	
de la Fuente Fernández, Almudena; Calvo Pascual, M. Araceli	81
<i>Motores eléctricos de juguete: un tesoro didáctico por descubrir</i>	
Eff-Darwich, Antonio; Goded Merino, Alejandra	89
<i>Evaluación del aprendizaje basado en juegos como herramienta para la enseñanza en 3º de la ESO</i>	
Fernández Arévalo, Lorena; García García, Eugenia	95
<i>Una actividad explosiva sobre conservación de la energía</i>	
Goded Merino, Alejandra; Eff-Darwich Peña, Antonio	105
<i>Un método visual para enseñar formulación inorgánica usando diagramas de Lewis</i>	
Jiménez Lloret, Abigail	113
<i>La alimentación y nutrición a través del proyecto OBESITY: una prueba piloto en 3º de la ESO</i>	
Luciáñez Sánchez, Gema; Valls Bautista, Cristina; Solé Llusa, Anna	123
<i>Creatividad y educación: aliados para un aprendizaje significativo</i>	
Magaña Ramos, Marina	131

<i>Aplicaciones didácticas del estudio de la cobertura vegetal</i> Martín Nieto, Sofía; Martín Blanco, Carlos J.	137
<i>Algunas cuestiones prácticas en torno al Principio de Arquímedes.</i> <i>Flotabilidad, estabilidad y otros experimentos</i> Martínez Pons, José Antonio	145
<i>Enseñar historia de la química, aprender química con su historia.</i> <i>Experiencias didácticas para incorporar una dimensión histórica a la educación STEM</i> Moreno Martínez, Luis	155
<i>Lo que esconden los genes. Estudio genético en gusanos de seda (Bombyx mori)</i> Palomino Álvarez, Isaac; Blázquez de Paz, Isabel	163
<i>La tabla periódica como recurso para la educación STEAM</i> Pinto Cañón, Gabriel	170
<i>Bioexpedición Chacel</i> Rosa Novalbos, David; Martínez Aznar, María Mercedes	181
<i>The Universe Explorers. Un proyecto STEAM centrado en Biología y Geología de 1ºESO</i> Sánchez Sánchez, Noelia	189
<i>La biología humana como estrategia para la educación en la diversidad:</i> <i>Enseñar en el aula a entender la variabilidad corporal y confrontar</i> <i>los contextos obesogénicos y discursos obesofóbicos</i> Tomás Cardoso, Rafael	197
<i>Fake news y ciencia. ¿Las máquinas dirigen tus opiniones?</i> Vázquez Mínguez, Óscar; Prada Alonso, Alexandra	207

La ciencia fuera del aula 215

<i>¿Experimentar en Primaria? ¡Sí! Nos vamos de feria científica</i> <i>con alumnos de 4º de Primaria</i> Camarero Lozano, Paula	217
<i>Actividades educativas en el Reloj Geobiológico del Real Jardín Botánico Alfonso XIII</i> Fesharaki, Omid; García-Frank, Alejandra	225
<i>Emergencia climática: una propuesta para su desarrollo en educación secundaria.</i> García Ruiz, Andrés	233
<i>Guía de los árboles del parque Tierno Galván (Valdemoro, Madrid)</i> Martín-Blanco, Carlos J.; Martín Nieto, Sofía	241
<i>Nuevos enfoques para la mejora del aprendizaje en el área de Ciencia de Materiales</i> <i>e Ingeniería Metalúrgica</i> Rivero Fuente, Pedro José	249

Ciencias 2.0: aplicaciones docentes de las TIC 257

<i>Aprender física analizando vídeos</i> Arnau Marco, Ernest; Ruiz Ruiz, Juan José; Pintos Taroncher, Jose Ramón	259
<i>Desarrollo del aula virtual como soporte del aprendizaje flexible</i> <i>de las competencias relacionadas con la determinación estructural de compuestos orgánicos</i> Blázquez Barbadillo, Cristina; Menéndez Ramos, José Carlos; Villacampa Sanz, Mercedes; Ramos García, María Teresa; González Matilla, Juan Francisco; Sánchez Cebrián, Juan Domingo	269
<i>Aplicación de una WebQuest en la enseñanza universitaria del Grado de Medicina.</i> Cano Barquilla, María Pilar; Mayor de la Torre, Pilar; Martínez-Conde Ibáñez, Alfonso; Bringas Bollada, María; Fernández Mateos, María Pilar; Virto Ruiz, Leire; Pérez de Miguel sanz, María Juliana; Jiménez Ortega, Vanesa	275

<i>Creación de un repositorio digital para motivar el aprendizaje de las ciencias a través del cine y la televisión</i>	
Cuetos Revuelta, María José; Villa Doblas, María; Serrano Amarilla, Natalia; Marcos Salas, Beatriz; Manzanal Martínez, Ana Isabel	281
<i>Métodos interactivos para incentivar el aprendizaje avanzado de la Química</i>	
Díaz Sánchez, Miguel; Díaz García, Diana; Méndez Arriaga, José M.; Gómez Ruiz, Santiago; Prashar, Sanjiv	291
<i>La inclusión de la gamificación en las prácticas de laboratorio de asignaturas de química en la universidad empleando la herramienta Genially</i>	
Ortiz-Bustos, Josefa; del Hierro, Isabel; Pérez, Yolanda	297
<i>Actividades STEM utilizando nuevas tecnologías</i>	
Ruiz Ruiz, Juan José; Irazo García, Vicente; Pintos Taroncher, José Ramón	305
<i>El teléfono inteligente como recurso didáctico en la enseñanza de la física</i>	
Viloria Raymundo, Ramón; Tricio Gómez, Verónica	313
ÍNDICE DE AUTORES	321
PALABRAS CLAVE	323
KEYWORDS	327

Contribución invitada

CREANDO PUENTES ENTRE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA Y LA UNIVERSIDAD

Josep M. Fernández Novell

Departamento de Bioquímica y Biología Molecular: Universidad de Barcelona. Av. Diagonal 643, Facultad de Biología, edificio Prevosti, planta -2. 08028 Barcelona.

Dirección de correspondencia: jmfernandeznovell@ub.edu

Palabras clave: bioquímica; educación secundaria; universidad; creación de vocaciones científicas; actualización del profesorado.

Keywords: biochemistry; secondary education; college; creation of scientific vocations; teacher update.

Resumen

Hace 25 años, los centros de secundaria y las universidades coexistían en esferas totalmente separadas. Se diseñó un curso de verano, “¿Y tú? Yo, Bioquímica”, con el objetivo de intentar cerrar la brecha existente, al menos en bioquímica, entre ambos niveles educativos. Los dos objetivos básicos del curso son: a) introducir al alumnado en el campo de la Bioquímica con clases teóricas y prácticas, y b) despertar su vocación investigadora y aumentar su motivación por la ciencia. El resultado, después de 25 años, ha permitido crear puentes de colaboración entre alumnos y profesores de la educación secundaria y la universitaria.

Abstract

25 years ago, secondary school education and university education coexisted in totally separate spheres. A summer course was designed, “I love Biochemistry”, with the aim of bridging the gap, at least in biochemistry, between both educational levels. The two basic objectives are a) to introduce students to the field of Biochemistry with theoretical and practical classes, and b) to increase students’ research vocation and motivation for science. The result, after 25 years, shows some bridges of collaboration between students and teachers of secondary and university education.

INTRODUCCIÓN

Querer transformar el proceso educativo, en cualquier campo ya sea científico o no, implica pretender visualizar el futuro de dicho aprendizaje e intentar encontrar formas prácticas de desarrollar los aspectos de ese futuro.

Hace veinticinco años, las escuelas y centros de secundaria y las universidades operaban en esferas totalmente diferentes, sin darse cuenta la una de la presencia de la otra y viceversa y tampoco sin importarle.

En ese contexto, el Departamento de Bioquímica y Biología Molecular [1] (actual Departamento de Bioquímica y Biomedicina Molecular, Dpto. BBM) de la Universidad de Barcelona (UB), en colaboración con la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular [2] (SEBBM), canalizó muchos esfuerzos en el diseño de un curso de verano con el objetivo de intentar cerrar la brecha existente, al menos en bioquímica, entre la educación

secundaria y la universitaria. El curso se denominó “¿Y tú? Yo, Bioquímica” [3-4] que en inglés se transforma en “I love Biochemistry” a la sazón del “I love New York” aparecido en aquella época.

En la **Fig. 1** se muestra el logotipo del curso desde el primero realizado en junio de 1997 hasta el último este junio de 2021. Se aprecia la imagen de un joven científico con bata montado en su monopatín; si tuviéramos que repetirlo ahora, el joven iría montado en un patinete eléctrico, algo impensable a finales del siglo pasado.



Figura 1: Dibujo-logotipo del curso “¿Y tú? Yo, Bioquímica”

RECORRIDO HISTÓRICO

Hace más de veinticinco años se pensó en abrir una puerta al alumnado de secundaria y así mejorar la relación entre la educación secundaria y la universitaria, que en aquellos años era inexistente. Esta posible nueva relación entre los dos niveles educativos debía estar muy ligada con la ciencia, en concreto, con el campo científico y de investigación del Dpto. BBM, la Bioquímica y la Biología Molecular.

Uno de los objetivos fue que el alumnado de ciencias, que estaba estudiando COU y al cabo de pocos meses entraría en la Universidad, supiera que existía la “Bioquímica”. Este intento tuvo un resultado muy positivo ya que cabe recordar que, durante aquellos primeros años de dicho curso, la carrera de Bioquímica era solo de segundo ciclo en las universidades españolas. Así, todo estudiante que quería seguir la carrera de Bioquímica primero debía terminar el ciclo inicial, los dos primeros cursos, de otra licenciatura de ciencias como podía ser: biología, farmacia, química, física, medicina, etc. y luego, si lo creía conveniente, pasarse a Bioquímica.

Los objetivos del curso han variado muy poco a pesar de que la carrera de Bioquímica pasó, en el curso 2009-2010, a ser de grado completo (4 años) y ya no era necesario empezar en otra carrera, en otro grado. En la actualidad los objetivos del curso siguen siendo los mismos.

Se cree que este fue el primer curso que se formalizó desde la Universidad para el alumnado de secundaria. En el Dpto. BBM no se tuvo conocimiento de la existencia de un curso similar en la UB ni en otra universidad. Como ya se ha dicho anteriormente, la educación universitaria y la secundaria obligatoria (actual ESO) y postobligatoria (COU y el actual Bachillerato), vivían de espaldas una con la otra, ello introducía como consecuencia que el alumnado de secundaria se matriculara y entrara en la universidad con un desconocimiento de lo que allí se iba a encontrar.

En aquellos años, finales del siglo XX, en nuestras ciudades y también en toda Europa se produjo un descenso muy pronunciado sobre lo que llamamos vocaciones científicas. La idea surgió, básicamente, de reflexionar sobre qué se podría hacer para animar y dirigir a la juventud hacia los estudios de ciencias. Todo se discutió a finales del año 1996 y, a continuación, empezó esta aventura. El primer “¿Y Tú? Yo, Bioquímica” se realizó con el alumnado de COU del curso académico 1996-1997.

En un principio, como cabe esperar de cualquier innovación educativa, la organización no fue consciente del alcance que podía tener y que aun actualmente tiene la decisión de haber empezado dicha aventura.

Al ser una idea muy nueva e innovadora surgieron algunos problemas, unos nuevos y otros viejos. De los nuevos se pueden citar la gestión de las más de 1.300 solicitudes del primer año, que obligó a corregir el formato de las solicitudes, y el nacimiento, unos años después, del club formado por participantes y colaboradores de distintos cursos, el ITUs-Club i BQ-Club.

También ha habido problemas viejos como la búsqueda y obtención de subvenciones, unas para poder hacer frente a los almuerzos conjuntos, una herramienta imprescindible de relación entre los participantes; se debe recordar que en aquellos años no existía el correo electrónico (email), ni twitter, ni facebook ni whatsapp. Otras, necesarias para efectuar aquellos experimentos previstos en el programa del curso; el profesorado de ciencias experimentales conoce, de primera mano, la inversión necesaria para hacer frente tanto al material como a los productos que se requieren para imaginar una práctica en el laboratorio.

Otro problema era y es poder compaginar y hacer coincidir las agendas del profesorado que imparte el curso. Pero todos los problemas, que siempre los hay, se solucionan con la participación de todos.

DESCRIPCIÓN DEL CURSO

Objetivos

Este curso de verano fue concebido sobre la base de unas conferencias y clases prácticas, en los laboratorios del Dpto. BBM para 24 estudiantes en su último año de secundaria interesados en bioquímica, biología molecular y celular y en las ciencias de la salud. En el primer curso, 1997, este alumnado era de COU mientras que en la actualidad puede participar el alumnado de 1º y 2º de bachillerato así como los estudiantes de Ciclos Formativos de Grado Superior relacionados con la Bioquímica y las ciencias de la vida. “¿Y tú? Yo, Bioquímica” es una nueva estrategia educativa para introducir a estos estudiantes en el campo de la bioquímica. Esto es crucial si se quiere acrecentar el interés y la vocación por la bioquímica y las ciencias entre nuestros jóvenes.

Los objetivos más destacables del curso son:

- Introducir al alumnado en la Bioquímica, la Biología Molecular y Celular.
- Informar al alumnado sobre las posibilidades de proseguir estudios que confluyan en el campo de la Bioquímica.
- Despertar la vocación investigadora [5].

Calendario

Cada curso empieza con el envío de toda la **información a los centros** durante el mes de febrero. Las **solicitudes** se aceptan hasta mediados de abril. La **preselección** de unas cien solicitudes se realiza a finales de abril a partir de los resultados académicos, la carta de solicitud y la carta de aval del profesorado. La **selección** de las 24 personas que participarán en el curso se realiza a finales de mayo a partir de una entrevista personal a los preseleccionados valorada por tres personas entre el profesorado del curso. La lista de los seleccionados se **publica** en el web del Dpto. BBM.

El curso tiene una **fecha de realización** entre la 3ª y la 4ª semana de junio, finalizados los exámenes de las PAU (en 2020, debido a la COVID-19 se realizó el curso la primera semana de septiembre). El **horario** de las 10 h hasta las 18 h (en 2020, debido a la COVID-19 el horario fue de 9 a 15 h). El **número de plazas** de 24 alumnos (en 2020, debido a la COVID-19 solo accedieron 12 participantes, el número de personas permitidas en un laboratorio de la UB) y el **lugar** las instalaciones, aulas y laboratorios, del Departamento de Bioquímica y Biomedicina Molecular de la Universidad de Barcelona.

En la **Tabla I** se detallan, con su horario, las actividades realizadas durante el curso celebrado en junio de 2013. Debe resaltarse de ella:

Tabla I. Horario de ¿Y tú? Yo, bioquímica 2013

	Lunes 17	Martes 18	Miércoles 19	Jueves 20	Viernes 21
10-11	Presentación JM Fernández Historia de la Bioquímica	Conferencia JLI Gelpí BioInternet	Visita J Méndez Fermentación M Bosch Microscopía confocal	Conferencia M Soley EL ATP	Discusión de resultados en mesa redonda
11-13	Seguridad en el laboratorio Prácticas	Prácticas	Prácticas	Prácticas	ITUs Club Conferencia F Posas Señalización
13-14	Almuerzo	Almuerzo	Almuerzo	Almuerzo	Acto de clausura
14-17	Prácticas		Prácticas		
17-18	Conferencia JJ Guinovart La diabetes	Prácticas	Conferencia R Iglesias Estudios “BIO”	Prácticas	

Las prácticas de laboratorio

Las prácticas realizadas en un laboratorio, “de verdad” para los participantes, les animan a observar; hacerse preguntas además de seguir las explicaciones, realizar e interpretar los experimentos. En general, el curso busca promover el pensamiento creativo y animar a los estudiantes a preguntarse por el trabajo que están haciendo.

Estas prácticas o experimentos están dirigidos por alumnado de doctorado y por jóvenes postdoctorados. Algunas de ellas son:

- ADN: estudio del material genético
- Sobreexpresión en *Escherichia coli* de una proteína de interés industrial y su posterior detección por electroforesis SDS-PAGE
- Uso de métodos espectrofotométricos para la determinación de la concentración de proteína y de glucosa
- ¿Cómo buscar información del campo de la Bioquímica en Internet?
- Cultivo celular; tripsinización y viabilidad celular
- *Big Data* en Bioquímica

En la **Fig. 2** se muestran dos situaciones en el laboratorio del curso. La preparación con un capilar de vidrio de unas asas de siembra que se emplean para transportar y sembrar inóculos que contienen microorganismos en suspensión (*E. coli*). Y, luego, cómo se utiliza el espectrofotómetro para calcular la concentración de proteína o de glucosa u otro metabolito a partir de la cantidad de luz absorbida por la muestra a una determinada longitud de onda.

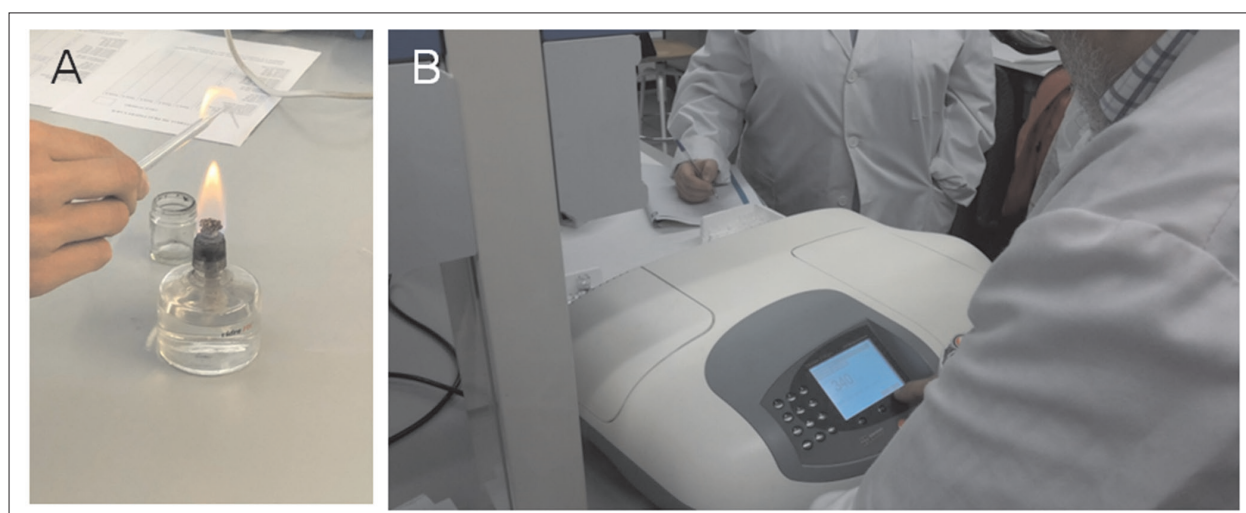


Figura 2: Momentos de las prácticas en el laboratorio. **Imagen A:** preparación de un asa de vidrio para sembrar *E. coli*. **Imagen B:** utilizando el espectrofotómetro para medir la concentración de proteína o de glucosa.

Los almuerzos

El tiempo dedicado a la comida ha permitido a los participantes, provenientes de zonas alejadas entre sí, relacionarse entre ellos. Esta relación es muy importante ya que, sobre todo en los primeros años del curso, el alumnado participante estaba formado por el “rarito” de su clase y la comida les permitió ver que no eran los únicos “raritos”, que pueden ser unos cuantos. Cabe recordar que a finales del siglo pasado todavía no existían ni el correo electrónico, ni el Twitter, ni el Facebook, ni el WhatsApp, servicios con los que se relaciona, hoy en día, la mayoría de nuestra juventud y sociedad.

El acto de clausura

En él se entregan, de forma personalizada, los diplomas de asistencia al curso, bajo la presidencia de un alto cargo de la universidad y con la presencia de los familiares y del profesorado de secundaria.

El acto de clausura del vigésimo quinto “¿Y tú? Yo, Bioquímica” se realizó en el marco incomparable del Paraninfo del edificio histórico de la Universidad de Barcelona. En la mesa presidencial estuvieron repre-

sentadas todas las instituciones académicas, desde la vicerrectora de estudiantes de la UB (presidiendo el acto) acompañada por la decana de la Facultad de Biología, la directora del Dpto. BBM, el representante de la SEBBM y el coordinador del curso, estas personalidades dan un carácter institucional al acto muy apreciado por los asistentes.

En la **Fig. 3** se muestra un momento del acto de clausura celebrado el 25 de junio de 2021. El lugar es excepcional y da relieve al acto, a la Bioquímica y a los jóvenes participantes.



Figura 3: Visión del acto de clausura en el Paraninfo de la UB.

RESULTADOS

En la **tabla 2** se resumen los resultados de estos veinticinco años de curso.

Se han recibido un total de 10.638 solicitudes; de éstas, en los primeros 10 años había el 60 % de solicitudes de chicos mientras que en la actualidad y en el global ya tenemos un 55 % de solicitudes de chicas.

Han participado 246 centros de secundaria; de éstos, 242 de Catalunya más 2 de la Comunidad Valenciana y los otros 2 de Baleares. Es evidente que cada año hay centros que repiten de años anteriores enviando solicitudes de su alumnado.

Algo parecido ocurre con el profesorado que avala a sus alumnos: han participado 1.432 docentes, buena parte de ellos han repetido avales durante algunos años.

Han participado en el curso un total de 589 alumnos, de los cuales siempre ha habido un porcentaje mayor de chicas que de chicos. Así, durante los 10 primeros años [8] los chicos representaron el 45 % de participantes, hasta el vigésimo curso eran el 44% y si miramos los últimos cinco años del curso representan solo el 38 %. De hecho, estos resultados son fiel reflejo de lo que ocurre en las aulas de la Universidad de Barcelona en el Grado de Bioquímica donde más del 60 % son chicas.

Finalmente, del seguimiento realizado a los participantes se puede asegurar que el 63 % escogieron Bioquímica, Biotecnología, Biomedicina o Biología; un 22% escogieron Medicina; un 8 % escogió Farmacia y un 7 % escogió Química.

Tabla 2. Resultados totales

	Solicitudes	Centros	Profesores	Participantes
1997-2021	10.638	246	1.432	589

DISCUSIÓN Y FUTURO

En los últimos años del siglo pasado, el conocimiento en bioquímica y biología molecular (BMB) creció de forma exponencial. Palabras como ADN, transgénico, genoma, células madre, priones o SIDA estaban presentes en las “noticias” y en el lenguaje de los jóvenes. Sin embargo, la mayoría de los estudiantes de secundaria no comprendían estos términos y no apreciaban la contribución de la bioquímica y la biología molecular a nuestra salud, al medio ambiente o a nuestra economía. Por ello, se propuso la realización del curso “¿Y tú? Yo, Bioquímica”. Hoy la situación es parecida, pero cambiando aquellas palabras por CRISPR/Cas9, coronavirus, vacunas o AlphaFold.

El éxito de dicho curso hizo que se nos propusiera adecuar dichos cursos ampliando sus contenidos para ofrecerlos al profesorado de secundaria en primer lugar y después a otros niveles educativos. Desde el Dpto. BBM de la UB la respuesta no podía ser desfavorable y aquí se muestra un pequeño resumen de las actividades solicitadas y que aún se realizan.

Cursos para el profesorado de secundaria

Los profesores de ciencias de secundaria se enfrentan, cada día, a un número creciente de preguntas de sus alumnos sobre el significado de determinadas palabras y técnicas relacionadas con la bioquímica. Parte de dicho profesorado no tiene herramientas para afrontar las preguntas ya que la PCR, los chips de ADN, los disruptores moleculares o la microscopía electrónica o no estuvieron en su currículo universitario o solo lo trabajaron muy superficialmente. Para familiarizar al profesorado con los últimos avances y con las técnicas básicas de bioquímica se diseñaron los cursos [9]:

- Actualización en bioquímica y biología molecular
- Experimentando por los nuevos caminos de la bioquímica
- Química de la vida
- La revolución cultural de las biomoléculas

Talleres para el alumnado de la ESO y Bachillerato

Para fomentar la investigación bioquímica en la escuela secundaria se han diseñado unos talleres realizados íntegramente en los laboratorios del Dpto. BBM. Esta actividad se efectúa a finales de enero y principios de febrero, cuando nuestros laboratorios están vacíos, y son los centros educativos quienes apuntan a sus grupos de alumnos. Se pretende dar a los estudiantes de ESO y Bachillerato una visión científico-técnica para estimular su actitud hacia la ciencia y su capacidad de crítica para hacer frente a los problemas científicos y bioquímicos que deberán abordar en un futuro próximo. Los talleres son:

- Sumérgete en la bioquímica (3º - 4º de la ESO)
- Bioquímica en vivo (Bachillerato)

Locos por la Bioquímica

Desde 2013, el Dpto. BBM en colaboración con la Fundación Catalunya La Pedrera ha diseñado un curso para enseñar y experimentar los últimos avances en Bioquímica. Este curso, para 24 estudiantes de toda Catalunya que deben estar cursando 1º de Bachillerato, se realiza en 16-18 sábados por la mañana, de 10 h a 14 h. Con esta premisa queda patente que el alumnado que envía su solicitud está muy interesado en el campo científico, de otra forma no “sacrificaría” 16 o 18 sábados.

El club de bioquímica (ITUs-Club i BQ-Club)

Uno de nuestros objetivos como profesores de ciencias es preparar a los estudiantes para su futura carrera científica, promover el trabajo en equipo y ayudarles en su camino. De aquí surgió “El Club de Bioquímica” [10] formado por los participantes y colaboradores del curso “¿Y tú? Yo, Bioquímica”. Este club, cuyos miembros se reúnen 2 o 3 veces al año para hablar de ciencia y de bioquímica, edita su propia revista cuatrimestral y accesible en la página web del Dpto. BBM.

CONCLUSIONES

Se ha llegado a los 25 años del curso. En nuestro día a día y en el trabajo científico casi nunca se piensa en qué sucederá dentro de veinticinco años. Pero todos seguimos aquí, profesorado y alumnado de secundaria y de universidad. Todo esto quiere decir algo en favor de la divulgación de la Bioquímica, de la relación entre la educación secundaria y la universitaria y, sobre todo, de la motivación de los jóvenes estudiantes que serán los científicos de mañana [11].

La mayoría de los participantes consideraron el curso una experiencia valiosa para su formación y apreciaron mucho la interacción personal con el profesorado universitario. También valoraron muy positivamente la oportunidad de tener clases prácticas en un laboratorio “real”.

La Bioquímica es parte de nuestra vida o, como les cuento a los más pequeños, es la química de la vida y, sólo por eso, es necesario su estudio. Además, para aquellos y aquellas que desean dedicarse a la investigación en el campo de la Bioquímica, el camino es difícil, muy empinado, pero, de vez en cuando, con mucho esfuerzo y trabajo encontramos descubrimientos que sirven para curar enfermedades y mejorar nuestro nivel de vida. Sólo por eso ya merece la pena intentarlo y conseguirlo.

El curso ha permitido levantar puentes de colaboración entre el alumnado y el profesorado de educación secundaria y universitaria. Su impacto ha sido considerable y ahora es un modelo de referencia para otras disciplinas.

AGRADECIMIENTOS

No hay suficiente espacio para nombrar a todas las personas que han contribuido a que el curso “¿Y tú? Yo, Bioquímica” haya llegado a esta vigesimoquinta edición. Pero, se entenderá que mi agradecimiento sea general, primero al DBBM, directores, profesores y alumnos pre y postdoctorales. Después a la SEBBM y al alumnado participante, a su profesorado, a sus familias, al Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya, y, para finalizar, gracias a la Universitat de Barcelona.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.bq.ub.es/> [Consultado el 16/06/2021].
- [2] <https://www.ub.edu/web/portal/en/> [Consultado el 16/06/2021].
- [3] FERNÁNDEZ-NOVELL, J.M., GOMIS, R.R., CID, E., BARBERA, A., GUINOVART, J.J. (2002) Bridging the gap in Biochemistry between Secondary School and University. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* 30, 172-174.
- [4] FERNÁNDEZ-NOVELL, J.M., CIFUENTES, D., MADRID, C., FERRER, J.C. (2009) A new strategy for introducing secondary school students to Microbiology and Biotechnology. In *Current Research Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*. pp. 621-624. World Scientific Publishing. Singapore.
- [5] FERNÁNDEZ-NOVELL, J.M., GUINOVART, J.J. (2005) Promoting biochemical research in secondary school. In *Science Education: Best Practices of Research Training for Students under 21*. NATO Science and Technology Policy. pp. 131-135 (Csmely, Korlevic & Sulyok, eds.) IOS Press, The Netherlands.
- [6] <https://www.ub.edu/portal/web/biologia/fermentacio> [Consultado el 25/06/2021].
- [7] <http://www.ccit.ub.edu/CA/home.html> [Consultado el 25/06/2021].
- [8] FERNÁNDEZ-NOVELL, J.M. (2006) “¿Y tú? Yo, Bioquímica” 10 años de aventura. *Boletín SEBBM*, 149, 22-24.
- [9] FERNÁNDEZ-NOVELL, J.M., CID, E., GOMIS, R.R., BARBERA, A., GUINOVART, J.J. (2004) A biochemistry and molecular biology course for secondary school teachers. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* 32, 378-380.

- [10]** FERNÁNDEZ-NOVELL, J.M. (2010) The Biochemistry Club: Motivating talented science students. In Excellence Education and Human Development. pp. 92-98. Universidade do Minho. Portugal.
- [11]** FERNÁNDEZ-NOVELL, J.M., ZARAGOZA, C. (2014) Walking into Biochemistry. In Strategies for Education in a New Context. pp. 412-420. Ed. Universitat Politècnica de Valencia. Valencia.

La ciencia en el aula: materiales y experiencias

TRABAJO FIN DE GRADO INTERUNIVERSITARIO: ESTRATEGIA COOPERATIVA DE IMPLEMENTACIÓN DE APRENDIZAJE

Matilde Alique (1), Rafael Ramírez (1) y Julia Carracedo (2)

(1) Departamento de Biología de Sistemas, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid, (España)
matilde.alique@uah.es / manuel.ramirez@uah.es

(2) Departamento de Genética, Fisiología y Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, (España). julcar01@ucm.es

Dirección de correspondencia: julcar01@ucm.es / matilde.alique@uah.es

Palabras clave: aprendizaje cooperativo interuniversitario; trabajo fin de grado; implementación; trabajo fin de máster.

Keywords: cooperative interuniversity learning; end of degree project; implementation; final master's project.

Resumen

Los grados de ciencias de la vida y de la salud son en su mayoría experimentales, por lo que resulta muy adecuado que desarrollen sus trabajos de fin de grado (TFG) en un laboratorio de experimentación. Se desarrolló una experiencia piloto de aprendizaje-investigación multicéntrico en 2 TFG del Grado de Biología de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) en el grupo de investigación cooperativa UCM/Universidad de Alcalá (UAH). La calificación del TFG fue de sobresaliente en los dos casos, aunque la satisfacción por la experiencia los dos estudiantes fue discrepante. Este modelo propició el desarrollo de un TFM siguiendo la misma sistemática.

Abstract

The life and health sciences degrees are primarily experimental, so it is very appropriate that you developed your final degree projects (TFG) in an experimentation laboratory. A multicenter learning-research pilot experience was created in 2 TFG of the Degree in Biology at the Complutense University of Madrid (UCM) in the cooperative research group UCM/Alcala University (UAH). The qualification of the TFG was outstanding in both cases, although the satisfaction with the experience of the two students was discrepant. We modeled the development of a TFM following the same system.

INTRODUCCIÓN

En el último año del grado universitario, los planes de estudio actuales incluyen el desarrollo de un TFG, que culmina los estudios de esta primera etapa en la universidad. Los estudiantes de los grados de ciencias de la vida y de la salud deben realizar un TFG que requiere un componente experimental muy elevado, desarrollándose normalmente en los laboratorios de los departamentos de la universidad en la que los alumnos han desarrollado sus estudios. Los TFG de estos grados constan de 9 ECTS (European Credit Transfer System, en castellano, Sistema Europeo de Transferencia de Créditos) y su equivalente en horas es de 225 horas desarrolladas durante el segundo cuatrimestre del cuarto año de estudios y su grado de experimentalidad es el más alto entre los grados ofrecidos por las universidades españolas, y, por tanto, se desarrollan en los laboratorios experimentales de los departamentos de las diferentes universidades a nivel nacional. En el caso del TFG del Grado en Biología en la Universidad Complutense de Madrid (UCM) debe

seguir unas pautas específicas, en base a las directrices generales aprobadas por Consejo de Gobierno de fecha 24 de julio de 2012 (BOUC nº8, 30-07-2012) (1). El TFG se presenta preferiblemente como un trabajo de investigación experimental, en ocasiones de revisión o recopilación bibliográfica de un tema concreto. Para su aprobación y calificación es necesario que el alumno presente una memoria individual breve (30 páginas máximo) (1, 2). La estructura de la memoria tiene un formato semejante a la de un artículo de investigación para que los alumnos que finalizan su grado con este TFG se familiaricen con el abordaje experimental y la escritura científica. Esta etapa se puede considerar la etapa inicial de su posible carrera investigadora.

Dentro de las diferentes etapas en la elaboración del TFG, una vez desarrollado y redactado, el tutor evalúa la memoria y el trabajo llevado a cabo en el laboratorio. A continuación, el TFG será defendido por el estudiante ante una comisión evaluadora designada previamente a tal efecto, de forma oral y pública. Esta exposición y defensa, tendrá un tiempo máximo de exposición de 10 minutos, pudiendo apoyarse en una presentación digital. Tras la exposición del TFG por el alumno, se realiza un debate con los miembros de la comisión evaluadora, que suelen incluir cuestiones y consultas para aclarar aspectos poco desarrollados en la exposición, o destinadas a valorar el grado de aprendizaje y satisfacción obtenidos por el alumno en este primer acercamiento a un trabajo experimental. La comisión evaluadora valorará la capacidad de exposición y defensa del trabajo presentado en base a las competencias adquiridas durante el proceso de aprendizaje de la titulación. La calificación final será otorgada por el tribunal, considerando la memoria elaborada, su defensa y el informe del tutor académico. El TFG solo podrá ser incluido en actas cuando el estudiante haya superado todos los créditos restantes de la titulación. Por lo tanto, el TFG supone la culminación efectiva del grado universitario y la primera etapa de una posible futura carrera investigadora.

Los grupos de investigación tienen una composición cada vez más cooperativa, multidisciplinar y multicéntrica. En este sentido, la cooperación en investigación supone desarrollar acciones y esfuerzos que, conjuntamente se realizan con el objetivo de alcanzar una meta común. La investigación cooperativa (3) es el resultado de una estrategia de trabajo conjunto que se vale de una serie de métodos para facilitar la consecución de un objetivo, como, por ejemplo, el trabajo en equipo, la distribución de responsabilidades, la delegación de tareas, las acciones coordinadas, entre otras posibilidades. Por todo ello, en los últimos años, grupos de científicos de áreas afines y en ocasiones, muy diferentes, colaboran en un mismo proyecto fomentando así la investigación multidisciplinar y/o cooperativa, hoy en día clave para lograr proyectos innovadores (4).

Además, estas características de los grupos de investigación pueden ser de gran utilidad y aplicables en el desempeño de la actividad docente, y en especial, una experiencia que ofrece al alumno la oportunidad de acercarse a una realidad existente en la manera que, a nuestro entender, se debe investigar, aprovechando y, sobre todo, amortizando, recursos e infraestructuras disponibles para los grupos de investigación de las diferentes instituciones.

Durante el curso 2018/2019 llevamos a cabo una experiencia piloto en la que dos estudiantes del Grado de Biología de la UCM desarrollaron sus TFG dentro del grupo de investigación cooperativa entre la UCM y la Universidad de Alcalá (UAH). El desarrollo del trabajo, por tanto, se llevó a cabo en un entorno que refleja la forma en la que muchos equipos de investigación, incluido el nuestro, trabajan en la actualidad.

El principal objetivo de este modelo de aprendizaje-investigación multicéntrico fue implementar la parte experimental y la redacción del TFG en un equipo de investigación llevando a cabo un aprendizaje cooperativo (5, 6) de manera coordinada entre los dos centros, favoreciendo un sistema de trabajo que favorece la movilidad y la complementariedad experimental.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Se realizó una experiencia de formación y aprendizaje en la que dos estudiantes del Grado de Biología de la UCM desarrollaron sus TFG dentro del grupo de investigación cooperativa entre la UCM y la UAH.

Para ello, se siguieron los siguientes procedimientos:

I- Diseño y desarrollo de los trabajos experimentales en el entorno de un grupo de investigación.

Se diseñaron dos trabajos de investigación dentro de los proyectos financiados que se estaban realizando durante el curso 2018/2019. En concreto, y aunque teníamos otros proyectos en marcha se desarrollaron objetivos del proyecto “Papel de los microRNAs vehiculados en microvesículas de células senescentes en el desarrollo de enfermedad vascular. Proyectos de Investigación Santander-Universidad Complutense de Madrid, Expediente: PR41/17-2096. Periodo de ejecución 2018”.

Manteniendo el anonimato de nuestros alumnos, nos referiremos a ellos como alumno 1 (A1), y alumno 2 (A2). En todo momento esta encuesta anónima (7) cumplió la normativa de la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales (8). Todas las Universidades del territorio nacional siguen un reglamento exhaustivo con la protección de datos de carácter personal. Se aplica el Reglamento (UE) 2016/679 General de Protección de Datos (RGPD), la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos de Carácter Personal y Garantía de los Derechos Digitales (LOPDGDD), y el Real Decreto 1720/2007, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la derogada Ley Orgánica 15/1999 (RLOPD) (9). Los trabajos de los dos estudiantes eran complementarios, y desarrollaban diferentes aspectos y objetivos previstos en el proyecto anteriormente mencionado.

Los dos estudiantes fueron tutelados por profesores e investigadores colaboradores del grupo de investigación procedentes de ambas Universidades, UCM y UAH, que instruyeron a ambos en procedimientos y técnicas necesarias para desarrollar los trabajos experimentales. Fue necesario que los estudiantes adquirieran rutinas de trabajo para desarrollar los experimentos, así como ayudarles a organizarse para la movilidad entre los centros implicados, estableciendo de forma clara las jornadas de trabajo y donde se realizarían éstas. Hubo técnicas que se desarrollaron de forma alternativa en los diferentes centros, por lo que resulto necesario diseñar bien las agendas, también teniendo en cuenta la disponibilidad de los docentes que tutelaban la parte experimental. Además, para ajustar la planificación, otro aspecto que se tuvo en cuenta fue las actividades que estaban llevando a cabo los estudiantes A1 y A2 en la UCM, asignaturas teóricas y prácticas incluidas en la guía docente del TFG, y otras asignaturas de 4º curso del grado de biología que se imparten en el 2º semestre. Como en algunas ocasiones, no se trataban de cursos comunes, la asistencia de los alumnos A1 y A2 se iban alternando, de forma que no siempre asistían a la vez a las instalaciones de los laboratorios de la UCM y UAH, ajustando el diseño experimental, procedimientos y técnicas empleadas según la disponibilidad de los involucrados.

2- Redacción y presentación de los trabajos. Resultados de la evaluación

Una vez realizado el trabajo experimental en los laboratorios de los dos centros universitarios implicados (UCM y UAH), y siguiendo los criterios para la presentación de los TFG, se tuteló la redacción y el desarrollo de la memoria.

En primer lugar, los estudiantes A1 y A2 iniciaron su trabajo con una revisión bibliográfica recopilando información a través de Pubmed y otros buscadores bibliográficos proporcionados por la biblioteca de los diferentes centros universitarios. La búsqueda se centró en los objetivos del trabajo de investigación diseñados y asignados a cada uno de ellos bajo la supervisión de la tutora de los TFG e investigadora principal del proyecto ya mencionado con anterioridad, la Dra. Julia Carracedo.

Esta iniciación por parte de los estudiantes A1 y A2 en su TFG, no solo fue una primera aproximación de los alumnos sobre el tema de trabajo experimental que iban a desarrollar durante su TFG, estos trabajos bibliográficos pudieron ser presentados en forma de póster por los alumnos A1 y A2 en el “Congreso de Investigación para Estudiantes Pregraduados de Ciencias de la Salud” que se realizó en la UCM en abril de 2019. En este punto, tenemos que el estudiante A1 se ofreció voluntario para enviar su trabajo con opción a premio en este congreso. Para ello tuvo que presentar un trabajo escrito mucho más completo y que se trataba en la redacción de un documento con formato de revisión bibliográfica con una extensión total de 5 páginas. El elevado número de alumnos que participan de este congreso dificulta la consecución de estos premios, pero la participación es importante para los alumnos como un primer acercamiento a conocer la elevada competitividad que prima en el entorno de la investigación.

Una vez que los alumnos llevaron a cabo su trabajo experimental siguiendo el diseño propuesto para cada uno de ellos y en cada uno de los laboratorios implicados de la UCM y la UAH, el siguiente paso fue la redacción de la memoria. Para el trabajo escrito del TFG, el alumno A1 presentó su trabajo en la convocatoria de junio (2019) y el estudiante A2, en la convocatoria extraordinaria de julio de 2019. La principal causa para que los TFG de los dos alumnos se presentaron en diferentes convocatorias fue porque el estudiante A2, en las fechas acordadas para la ejecución del trabajo, no tenía un documento suficientemente elaborado a criterio de sus tutores para poder ser presentado en la misma convocatoria que lo presentó el alumno A1.

Independientemente de las fechas en que se defendieron la exposición de los trabajos, ambos alumnos obtuvieron una calificación de sobresaliente en sus TFG. Se incluye la **tabla 1** donde aparecen las calificaciones obtenidas por los dos alumnos en los diferentes apartados. Por lo tanto, los resultados en las calificaciones académicas obtenidas por los dos alumnos fueron similares, y muy buenas a nuestro criterio. En ambos casos, el aprendizaje cooperativo interuniversitario mejoró notablemente los resultados académicos, hecho que ya se había evidenciado en 2004 por Slavin (10).

Tabla 1. Calificaciones del Trabajo Fin de Grado

CALIFICACIONES DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO		
ACTIVIDAD EVALUADA	ALUMNO A1	ALUMNO A2
MEMORIA INDIVIDUAL (Evaluación del tutor)	10	8,5
DEFENSA PÚBLICA	8,4	9,5
CALIFICACION GLOBAL	SOBRESALIENTE (9,2)	SOBRESALIENTE (9)

3- Satisfacción de los alumnos

A pesar de los excelentes resultados obtenidos en la evaluación que aparecería en las actas, nuestra impresión era que los dos estudiantes no habían tenido un grado de aprovechamiento igual, y creímos necesario idear una forma de evaluar el grado de satisfacción de los alumnos en la elaboración de sus TFG.

En este sentido, una vez finalizado el TFG, incluida la evaluación para garantizar el grado de objetividad en las respuestas, llevamos a cabo una entrevista a los alumnos. Y basándonos en la experiencia de los estudiantes A1 y A2 que manifestaron en la encuesta anónima, obtuvimos diferentes valoraciones y opiniones, y para nuestra sorpresa, más bien divergentes ya que ambos obtuvieron muy buenos resultados académicos. Incluimos a continuación las preguntas que se incluyeron en esta entrevista (**tabla 2**).

Tabla 2. Cuestionario de preguntas de la encuesta anónima realizada por los alumnos de TFG

PREGUNTAS REFERIDAS A LOS PROFESORES				
PREGUNTAS	ALUMNO A1		ALUMNO A2	
Escala de valoración (0-10)	PROF UCM	PROF UAH	PROF UCM	PROF UAH
P1. Informa sobre el programa del TFG	10	9	8	7
P2. Aclara lo que se espera del aprendizaje de los estudiantes	9	8	7	5
P3. Explica con claridad	8	7	8	7

PREGUNTAS REFERIDAS A LOS PROFESORES				
PREGUNTAS	ALUMNO A I		ALUMNO A I	
Escala de valoración (0-10)	PROF UCM	PROF UAH	PROF UCM	PROF UAH
P4. La organización y secuencia del TFG es adecuada para el aprendizaje del Grado	10	10	5	5
P5. Establece relación el TFG con el resto de las competencias adquiridas durante el Grado	10		6	
P6. Desarrolla actividades que facilitan el aprendizaje participativo de la parte experimental	10	10	8	6
P7. Brinda seguimiento y asesoría durante el TFG	9	8	7	5
P8. Promueve actividades que dan la oportunidad de utilizar los conocimientos teóricos en la parte práctica experimental	10	9	7	7
P9. Se interesa por el aprendizaje de sus estudiantes	10	10	9	9
P10. Genera interés para el desarrollo del TFG	9	9	6	6
P11. Está disponible en la resolución de dudas	10	9	9	9
P12. La carga de trabajo para el desarrollo del TFG es apropiada a los créditos asignados al trabajo	10		7	
P13. El TFG es relevante, funcional y muestra vínculos con la realidad	10		8	
P15. Informa a los estudiantes de sus aprendizajes y avances	10	10	8	8
P16. Existe coherencia entre los objetivos, contenidos del TFG y las actividades desarrolladas	10		7	
P17. Muestra a disposición para el diálogo	10	10	7	7
P18. Fomenta la participación del estudiante en el desarrollo del TFG	10	10	8	8
P19. El ambiente del laboratorio favorece la comunicación entre el profesor y el estudiante	10	10	7	7

IMPLICACIÓN DEL ESTUDIANTE EN EL TFG		
P20. Yo como estudiante participo en las diferentes actividades del TFG	10	9
P21. Yo como estudiante dedico el tiempo suficiente para preparar los diseños experimentales y escritura del TFG	10	10
P22. Yo como estudiante asisto a las prácticas de manera regular	10	10
P23. ¿Cómo valoras el trabajo cooperativo del TFG?	10	4
P24. ¿Te ha resultado fácil la movilidad entre diferentes Universidades?	9	3
P25. En general, mi grado de satisfacción del TFG cooperativo e interuniversitario es:	10	3
Escribe tu opinión sobre esta experiencia en tu TFG (La cooperación interuniversitaria como implementación en el desarrollo de Trabajos Fin de Grado)	Se ha tratado de una experiencia muy enriquecedora y he aprendido diferentes maneras de trabajar complementarias en los laboratorios de investigación. De hecho, repetiría este tipo de trabajos experimentales interuniversitarios sin ninguna duda.	Esta experiencia no me ha resultado nada positiva porque me ha costado mucho adaptarme a las diferentes maneras de abordar el trabajo experimental en tan poco tiempo. Además, al estar los laboratorios en 2 ciudades diferentes (Madrid y Alcalá de Henares) me ha supuesto un inconveniente desplazarme y esto ha influido en mi trabajo experimental.

Los resultados de esta encuesta mostraron que, mientras que, a uno de ellos, el estudiante A1, le pareció una experiencia muy enriquecedora y manifestaba que había aprendido diferentes maneras de trabajar y no excluyentes en los laboratorios de investigación, el segundo estudiante, A2, aseguró que esta experiencia no le había resultado positiva por la dificultad para adaptarse a diferentes maneras de abordar la hipótesis experimental en muy poco tiempo. Además, declaró que la ubicación de los laboratorios en diferentes ciudades le había supuesto un hándicap para el desarrollo normal de su trabajo.

4- Análisis de los resultados obtenidos

Al obtener opiniones tan contrastadas, nos llevó a pensar que deberíamos analizar en profundidad todo el proceso y realizar autocritica en relación con qué actuaciones sobre uno u otro estudiante podíamos haber realizado de forma diferente. Aunque el planteamiento inicial, y tanto el desarrollo y la escritura del TFG había tenido lugar al mismo tiempo, por lo que aplicamos los mismos criterios a los dos estudiantes durante el desarrollo de todo su TFG en ambos laboratorios de investigación, UCM y UAH. Y por parte de sus tutores no destacaron ninguna incidencia en el desarrollo del trabajo experimental, ni queja por parte del estudiante durante el tiempo de desarrollo.

Analizando retrospectivamente, encontramos algunos aspectos diferenciales en la ejecución de los trabajos por parte de los estudiantes. Estos aspectos se resumen en la **tabla 3**. Esto nos sirvió para valorar de manera

mucho más objetivo el grado de implicación que habían adquirido los dos estudiantes, así como nuestra capacidad para motivarlos. Por lo que revisamos todas las actividades desarrolladas durante el TFG desde el inicio con la revisión bibliográfica del tema, el diseño experimental, la ejecución de los experimentos, el análisis y la interpretación de datos y, por último, la escritura de la memoria y la elaboración de la exposición del trabajo final.

Tabla 3. Relación de actividades satisfechas o no por los dos estudiantes que incluyen asistencia regular, de motivación en el desarrollo de trabajos

CALIFICACIONES DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO		
ACTIVIDAD REALIZADA (Escala de valoración 1-6)	ALUMNO A1	ALUMNO A2
I. REALIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS		
Asistencia	6	5
Ha llevado a cabo las actividades previstas	6	6
Ha ejecutado con calidad las tareas encomendadas	6	6
Ha avanzado en el dominio de las técnicas, herramientas y metodologías necesarias en el puesto de trabajo	6	6
Ha progresado en sus aptitudes y habilidades profesionales	6	6
2. APTITUDES		
Integración en la entidad	6	6
Motivación	6	4
Iniciativa	6	6
Responsabilidad	6	5
Creatividad	6	6
Predisposición para aprender	6	5
Trabajo en equipo	6	6
Capacidad de aprendizaje	6	6
Receptividad a las críticas	6	5

En resumen, este último apartado quizás nos servirá para comprender el grado de satisfacción de los alumnos, y conocer la posible causa por la que el alumno A1 presentaba un grado de satisfacción elevado, mientras, que, a pesar de realizar el trabajo en las mismas condiciones, con una evolución común e igual supervisión en ambos casos, el alumno A2 presentó un grado de disconformidad muy alto.

5- Perspectivas de futuro y aplicación del trabajo

El alumno A1, cuya percepción fue positiva, está integrado en nuestro equipo de investigación, ha realizado su TFM bajo nuestra supervisión y muestra interés en desarrollar su tesis doctoral. No hemos vuelto a tener noticias del otro estudiante. Nuestra percepción es que el trabajo realizado con interés y motivación personal por parte de los estudiantes es importante para establecer una continuidad. En caso contrario, si la actitud de un estudiante es negativa y no es capaz de fomentar por él mismo un estado motivacional continuo en el desarrollo de un trabajo experimental en un laboratorio, independientemente del apoyo y ayuda de sus tutores y supervisores en el laboratorio, no será capaz de sacar adelante el trabajo con una satisfacción personal plena a pesar de los resultados académicos obtenidos, como hemos podido observar en este estudio piloto. Hay que tener en cuenta que los alumnos acaban de iniciarse en tareas experimentales y no tienen

mucha experiencia, y partimos de la base de que la puesta a punto de los protocolos experimentales es muy costosa en cuanto a tiempo y dinero. Por lo que estos dos puntos que acabamos de señalar se unen a la falta de implicación y junto a no querer cambiar la actitud en el desarrollo del TFG pudo ser la principal causa de los comentarios negativos del estudiante A2.

CONCLUSIÓN

En este modelo cooperativo desarrollado entre grupos interuniversitarios, los estudiantes cuyos TFG y TFM son altamente experimentales pueden potenciar y/o complementar el abordaje de los diferentes objetivos planteados, y, por tanto, obtener trabajos en los que destacamos su calidad científica y con una mejora en los resultados académicos obtenidos debido a la implementación desarrollada en los laboratorios de los diferentes centros universitarios. Este planteamiento de desarrollo de TFG y TFM implica la movilidad de estudiantes de grados entre dos universidades de la Comunidad de Madrid para desarrollar su trabajo experimental, destacando que la “movilidad de estudiantes” es uno de los 7 pilares clave del EEES (Espacio Europeo de Educación Superior) del Proceso Bolonia.

AGRADECIMIENTOS

El Dr. Rafael Ramírez, la Dra. Julia Carracedo y la Dra. Matilde Alique son integrantes del Grupo de Innovación Docente de la UAH “Innovación en metodología, materiales y herramientas virtuales para la mejora en la enseñanza de la Fisiología Humana y Fisiopatología (UAH-GI20-I27). El Dr. Rafael Ramírez es participante y la Dra. Matilde Alique es investigadora principal del Proyecto de Innovación Docente concedido por la UAH (Recursos on-line en Fisiología y Fisiopatología como implementación de nuevas tecnologías en la docencia en Grados de Ciencias de la Salud; UAH/EVI082; 2019/2021). La Dra. Julia Carracedo es investigadora principal del proyecto Innova-Docentia UCM, nº Exp 152/2020.

REFERENCIAS

- [1] Enlace Guías de elaboración de TFG UCM. <https://biologicas.ucm.es/trabajo-de-fin-de-grado>
- [2] Enlace Guías de elaboración de TFG UAH. <http://ciencias.uah.es/estudiantes/trabajo-fin-grado-biologia.asp>
- [3] BARKLEY, E. F. CROSS, K. P. MAJOR, C. H. (2007). *Técnicas de aprendizaje colaborativo: Manual para el profesorado universitario* (Coedición Ministerio de Educación). California, USA: Ediciones Morata, S.L.
- [4] MARGALEF GARCÍA, L. CANABAL GARCÍA, C. (2010). *Innovar en la enseñanza Universitaria*. Ajalvir, Madrid, España: I+” ed.”.
- [5] SLAVIN, R. E. (1983). *Cooperative Learning. Research on Teaching Monograph Series*. Longman Inc., College Division, 1560 Broadway, New York, NY 1.
- [6] TORREGO, J.C. MONGE, C. (2018). *Inclusión educativa y aprendizaje cooperativo*. Madrid: Síntesis.
- [7] CANABAL GARCÍA, C. MARGALEF GARCÍA, L. (2017). La retroalimentación: la clave para una evaluación orientada al aprendizaje”. *Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 21 (2), 149-170.
- [8] <https://www.uah.es/es/conoce-la-uah/organizacion-y-gobierno/equipo-de-direccion/secretaria-general/proteccion-de-datos-de-caracter-personal/>
- [9] http://www.congreso.es/public_oficiales/L12/CONG/BOCG/A/BOCG-I2-A-I3-6.PDF#page=1
- [10] SLAVIN, R. E. (2004) Aprendizaje cooperativo y rendimiento académico: ¿Por qué funciona el trabajo en grupo? *Anales de psicología* 30.3: 785-791.0036.

ANÁLISIS DE LA ENSEÑANZA DE PROCEDIMIENTOS CIENTÍFICOS EN EDUCACIÓN INFANTIL: LA FLOTABILIDAD PARA EL DESARROLLO DE DESTREZAS CIENTÍFICAS EN UN AULA DE 5 AÑOS

Elena Aranda-Cuerva y José Manuel Pérez-Martín

Fac. de Formación de Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid

Dirección de correspondencia: elenaranda91@gmail.com / josemanuel.perez@uam.es

Palabras clave: educación infantil; destrezas científicas; enseñanza de las ciencias; propiedades generales de la materia; flotabilidad.

Keywords: early childhood education; scientific skills; science teaching; general properties of matter; buoyancy.

Resumen

La enseñanza de las ciencias en Educación Infantil se plantea como un reto para la comunidad educativa. La escasez de recursos y de formación al respecto genera desconfianza en el profesorado que, aun creando sus propios recursos, rara vez encuentra el tiempo o la motivación para analizarlos o compartirlos. Nuestro trabajo muestra el resultado de una actividad de experimentación científica basada en la flotabilidad, diseñada en el marco de una secuencia didáctica para esta etapa, y analiza las destrezas puestas en marcha por el alumnado durante la actividad. Los resultados muestran que aparecen procedimientos científicos e ideas alternativas similares a los de estudiantes de ESO, y estas últimas parecen subsanarse en gran medida por exploración sensorial de los materiales y situaciones.

Abstract

The school teaching of science in Early Childhood Education is posed as a challenge for the educational community. The scarcity of resources and training generates distrust among teachers who, even creating their own resources, rarely find the time or the motivation to analyze or share them. Our work shows the result of a scientific experimentation activity designed as a didactic sequence for this stage, and analyzes the skills used by the students during the activity. The results show scientific procedures and alternative ideas similar to those of High School students are developed, which are solved by sensory exploration of materials and situations.

INTRODUCCIÓN

Diferentes estudios han demostrado que el interés por aprender ciencias ha disminuido notablemente en los últimos años [1], y que esta desafección aumenta a medida que los alumnos avanzan en la Educación Primaria (EP) [2]. Esta situación, que no es nueva ni exclusiva de España, junto con otros factores, ha provocado que la mayoría de los estudiantes de magisterio lleguen a la universidad tras cursar estudios de ciencias sociales y hu-

manidades en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y el Bachillerato, con desinterés por las ciencias [3], lo que, durante su futuro ejercicio profesional, afecta directamente a la alfabetización científica de la población en general [4] y dificulta el despertar de vocaciones científicas.

Algunos docentes resuelven estas limitaciones centrando sus enseñanzas en los contenidos de los libros, evitando dinámicas que puedan hacerles perder el control de la transmisión unidireccional del contenido [5]. Esto se ve facilitado porque en EP y ESO los contenidos quedan perfectamente explicitados en la legislación, y los manuales escolares los presentan totalmente organizados, facilitando la labor docente. De esta forma, se tiende a enseñar los contenidos de ciencias a los alumnos mediante metodologías expositivas y muy alejadas de su realidad, y la memorización se convierte en la vía de adquisición de conocimiento por excelencia, lo que, según diversos autores, retroalimenta el sistema y promueve el desinterés por las ciencias [1].

Con el fin de mejorar el aprendizaje y el interés por aprender ciencias, despertando las vocaciones científicas, diversos autores sugieren la necesidad de desarrollar otras metodologías docentes que reduzcan el protagonismo de los libros de texto como material didáctico [6], con otros recursos como las tecnologías de la información y la comunicación [7], los cuentos [8] o la elaboración de preguntas que fomenten la curiosidad natural de los alumnos [9].

Aunque pueda parecer diferente, la situación en Educación Infantil (EI) es similar, y el uso de libros es frecuente [8, 10], pero no está tan extendido como en etapas educativas posteriores. Los métodos de las editoriales para esta etapa suelen presentarse como cuadernos de fichas muy básicos, algunos de ellos con exceso de actividades repetitivas y monótonas para el alumno y para el docente, por lo que los maestros incorporan recursos constantemente para complementarlos [11]. A pesar de esto, Cantó, Pro y Solbes en 2016 [7] indican que, entre las metodologías docentes y actividades utilizadas para la enseñanza de las ciencias, son infrecuentes los experimentos, las experiencias y los rincones específicos. Con todo ello, la enseñanza de las ciencias queda relegada a un segundo plano, alegando que los contenidos son muy complejos para estas edades, que el nivel de conocimiento científico de los maestros es bajo, o que, en ocasiones, durante su paso por las facultades de educación, no se les enseña cómo enseñar ciencias a otros niveles educativos [8]. En estas circunstancias, los docentes de EI se suelen centrar en la enseñanza de la lectoescritura, conocimiento de sí mismo, salud, alimentación y conductas sociales y emocionales; temáticas que les generan menos inseguridad al dominarlas [12].

Sin embargo, en los últimos años, la neuropsicología ha puesto de manifiesto que los alumnos de EI son capaces de realizar tareas cognitivas que incluyen destrezas aritméticas, de lógica-matemática, establecimiento de relaciones causa-efecto, preescritura y comprensión de fenómenos naturales relacionados con las ciencias [13, 14]. Además, es bien conocido el interés y la motivación de los niños en esta etapa educativa por el mundo natural que les rodea, y que son capaces de conocer y construir conocimientos a partir del análisis y la interpretación de su entorno próximo [15].

Por todo ello, estas situaciones nos exigen reconsiderar los procesos de enseñanza-aprendizaje más comunes y la puesta en práctica de experiencias de aula que supongan desafíos intelectuales motivadores para nuestros alumnos, lo que promovería que se desarrollen en el niño habilidades y actitudes adecuadas para el aprendizaje [16], así como el despertar de vocaciones científicas. Para ello, debemos plantear las asignaturas de ciencias como lo que son: parte fundamental de la vida, fenómenos cotidianos en los que todos estamos inmersos diariamente [17]. De modo que la mejor manera de enseñarlos es por medio de actividades vivenciales, que permitan a los alumnos razonar y dotar de sentido a estos aprendizajes, lo que en ciencias se conoce como experimentación, desechando la idea de ciencias para científicos, sino que sirven para comprender el entorno a través de ellas [7]. Por lo que su enseñanza debería centrarse en los procedimientos o destrezas propias del trabajo en ciencias, creando hábitos y actitudes [16] que permitan a los estudiantes la identificación de cuestiones, la explicación de fenómenos y el uso de pruebas en situaciones reales de su día a día fuera del aula [18], integrando estos procedimientos como procesos necesarios en su aprendizaje para la elaboración de respuestas y tomar decisiones. Es ahí, donde radica la importancia de este aprendizaje que se centra en la capacitación de todos los ciudadanos y no sólo de profesionales científicos.

En este sentido, los docentes de EI que enseñan procedimientos científicos suelen emplear propuestas didácticas participativas, manipulativas y abiertas al debate, centradas en la exploración del entorno y que

promueven destrezas científicas como la observación e interpretación de sucesos percibidos a través de los sentidos o la formulación de hipótesis para la generalización de sucesos [19].

Por ello, aunque los procedimientos categorizados por Pro en 2013 [18] se suelen aplicar para la etapa de Educación Secundaria Obligatoria, son también ideales para otros niveles educativos [20] o para Educación Infantil con ligeras modificaciones [7], lo que nos permitiría iniciar la alfabetización en destrezas científicas desde etapas educativas tempranas, como recomiendan diversos autores [14].

Sin embargo, apenas hay resultados sobre la eficacia y el rendimiento de este tipo de actividades y propuestas didácticas, ya que se quedan en sus aulas y cuadernos y casi nunca son publicadas. Esto se debe a la falta de tiempo para publicar que tienen las maestras, a la dificultad de recoger registros de niños de estas edades [7], y la poca importancia que le otorgan a la difusión de sus experiencias. Esto nos exige a los docentes e investigadores de esta etapa educativa la difusión de este tipo de estudios para mejorar la enseñanza de las ciencias en Educación Infantil y despertar el interés por ellas desde edades tempranas, reportando un gran beneficio para los futuros ciudadanos.

Con todo ello, nuestro trabajo tiene un doble objetivo: diseñar actividades prácticas de ciencias para aulas de Educación Infantil que cubran las expectativas de la enseñanza de procedimientos científicos; y por otro, el análisis de las destrezas científicas alcanzadas por el alumnado de esta edad con dichas actividades.

METODOLOGÍA

PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

La experiencia se realizó con 23 alumnos del tercer curso (5-6 años) de Segundo Ciclo de Educación Infantil en un colegio público de la Comunidad de Madrid durante el curso escolar 2016-17. El centro escolar se caracteriza por un método de enseñanza basado en el aprendizaje experiencial, fomentando el razonamiento y el espíritu crítico, a través del aprendizaje basado en proyectos globales y transversales.

ESTRUCTURA Y ANÁLISIS DE LAS SESIONES

La actividad se inicia con la presentación del material a utilizar (Fase 1), se describe la experiencia y se pide a los estudiantes que mencionen las propiedades físicas observables relevantes y útiles que presentan los materiales, lo que resultará imprescindible para formular teorías e interpretar resultados.

A continuación, se inicia la fase 2, donde los alumnos disponen de libertad para expresar lo que creen que va a pasar (formulación de hipótesis) mediante lluvia de ideas, mientras las docentes registran y cuantifican las ideas e hipótesis de los participantes. Posteriormente, se seleccionan y anotan las más repetidas y se conservan dos o tres hipótesis finales. A continuación, estas ideas se plantean a toda la clase e individualmente, y los niños se acogen a una de ellas. El registro de las hipótesis se recoge a mano alzada o en una pizarra de imanes, donde cada alumno tiene un imán con su foto o su inicial y se les pide que lo sitúen en el dibujo de la pizarra que corresponda a la hipótesis que proponen o respaldan. El registro numérico de las hipótesis antes y después del experimento es muy importante, porque permite conocer cuántos alumnos anticipan correctamente lo que va a pasar, cuántos cambian su opinión después de observar el experimento o cuántos se mantienen en el error después de la experiencia, lo que facilita la intervención para promover el cambio conceptual. En este punto, se inicia la fase 3, en la que se realiza la exploración del mundo usando los materiales y observando el resultado de la experiencia.

Finalmente, para saber si la actividad cumple con su objetivo de aprendizaje, se procede con la fase 4. En ella, se reflexiona con ellos sobre la experiencia. Para ello, se plantean dos metodologías de evaluación: el intercambio de opiniones o debate en la asamblea, que es un estilo grupal de puesta en común; y la elaboración de dibujos, ya que son numerosos los estudios que avalan el uso del dibujo infantil como una de las mejores fuentes de información sobre el niño, su desarrollo, personalidad e ideas [21], así como para el aprendizaje de las ciencias en diferentes etapas educativas [22]. Con ellos, se puede abordar la reflexión con posterioridad

e individualmente. Estas herramientas permiten realizar un estudio cualitativo y cuantitativo del análisis de destrezas puestas en juego.

ANÁLISIS DE LAS DESTREZAS CIENTÍFICAS

Por otro lado, nuestro trabajo evaluó las destrezas que desarrollan los estudiantes con la realización de las experiencias en la actividad a través de los vídeos grabados, donde se analizaron las intervenciones orales durante el desarrollo de la actividad, y de sus dibujos y explicaciones, que se tomaron como informes de la experiencia científica. Para ello, se ha utilizado la clasificación elaborada por Pro en 2013 [18], y se muestran en la **tabla I** los procedimientos que son compatibles con el nivel madurativo y de desarrollo de los menores con los que se va a trabajar, descartando del listado original los que no podemos evaluar, como la búsqueda de información, ya que no todos los alumnos a esta edad han adquirido el aprendizaje de la lectoescritura. Asimismo, la construcción de aparatos y máquinas (destrezas técnicas) es infrecuente alcanzarla con estudiantes de estas edades y no se demanda en la actividad.

Tabla I. Relación entre las destrezas clasificadas por Pro en 2013 [18] y el alumnado que desarrolló dichos contenidos procedimentales durante la actividad de flotabilidad.

	DESTREZAS	Nº ALUMNOS
Técnicas	Manejo del material y realización de montajes	2
	Construcción de aparatos y máquinas	0
	Construcción de maquetas	0
	Utilización de técnicas audiovisuales e informáticas	0
Básicas	Observación	22
	Clasificación	15
	Medición	15
	Transformación de datos	0
De investigación	Identificación de hechos y fenómenos	10
	Identificación de problemas	10
	Realización de predicciones y emisión en hipótesis	22
	Relación entre variables	8
	Diseño experimental	7
	Análisis de datos y situaciones	6
	Establecimiento de conclusiones	6
Comunicativas	Representación simbólica	0
	Uso de técnicas comunicativas	0
	Identificación y análisis de ideas en material	0
	Búsqueda de información	0
	Elaboración de informes	23

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. DISEÑO DE ACTIVIDAD

La **temática abordada** fue la flotabilidad. Los **contenidos conceptuales** trabajados fueron: masa, volumen, densidad (relación entre masa y volumen), peso, roca, flotabilidad, aire, fluido. Los **materiales** utilizados fueron: un basalto, un adoquín de cemento y una cuarcita, dos pumitas, dos peras de laboratorio, una báscula y un cuenco transparente con agua.

Desarrollo de la actividad: Los estudiantes se sentaron en la asamblea y se inició la **Fase 1: Presentación de materiales y del problema**. Las docentes realizaron una aclaración: no se podían tocar los materiales hasta que fuese indicado por ellas. Esta norma se consideró necesaria ya que, en caso de sostener algunas rocas, percibirían que son más ligeras de lo esperado (menos densas). Después de la aclaración, las docentes mostraron el material y preguntaron: “¿qué es esto?”, a lo que diferentes niños respondieron: “piedras”. Las docentes aclararon que se deben llamar rocas y por qué. A pesar de esto, no fue fácil incorporar el término a su vocabulario. La asamblea prosiguió preguntando: “Las rocas, ¿flotan o se hunden?”. En este punto, **se inicia la Fase 2, Formulación de hipótesis** ya que, ante esta pregunta, la respuesta generalizada fue que “se hunden porque pesan mucho”. E5 dijo que “no todas las piedras se hunden”, y aseguró que “dos van a flotar”. Como insistió bastante en que la más grande de todas flotaría, realizamos **la experimentación (Fase 3)**. Se introdujo esta última roca (la más grande) en el agua y se hundió. En este punto, se inició de forma automática la Fase 4, Reflexión, ya que E24 aclaró: “todas las piedras se hunden porque pesan, como los ladrillos y las piedras que sean muy grandes”. En este punto se detectaron diferentes aspectos claves que generan conflictos conceptuales en la enseñanza de la materia y concretamente de la flotabilidad. El primero es el uso de un vocabulario cotidiano que crea confusión en el lenguaje riguroso de la ciencia. La expresión “pesar” en la vida diaria hace referencia a la cantidad de materia, y no a la fuerza con la que un cuerpo es atraído hacia otro. Por otro lado, aparecen ideas alternativas como considerar que el peso o la masa son las variables que determinan la flotabilidad y que están presentes, incluso, en estudiantes de 4º ESO [23, 24].

En este punto, surgieron nuevas propuestas de hipótesis (Fase 2), y formas de contrastarlas mediante experimentación de muestras concretas sugeridas por los estudiantes (Fase 3) y esto nos llevó a las respectivas reflexiones (Fase 4). Tras las experiencias, volvían al punto inicial, como se muestra el siguiente fragmento, E3: “Yo creo que esta piedra va a flotar, porque es más pequeña”. Las docentes preguntaron señalando la roca que ya estaba dentro del agua: “Para que una roca flote, ¿tendría que ser más pequeña que esta?” y los alumnos contestaron que sí. Como se puede ver, en este caso los alumnos formularon sus predicciones, utilizando como prueba clave el volumen del objeto, quizás asociándolo a cuanto más volumen mayor masa como ocurre en 4º ESO [23, 24]. En este caso las maestras propusieron como estrategia didáctica el contraejemplo, que consistió en colocar la roca más pequeña en la superficie del agua y, al soltarla, se hundió. Con esta experiencia, los alumnos se dieron cuenta de que el tamaño (volumen) por sí solo tampoco era un indicador fiable para predecir el fenómeno. Esta es una idea alternativa muy extendida en las etapas de secundaria, ya que una única propiedad (modelo mono-causal) observable no permite predecir la flotabilidad de un cuerpo en un fluido [23, 24].

Entonces las docentes tomaron la roca más grande que quedaba, la pumita. La colocaron en la superficie del agua y flotó. En ese punto se produjo un momento de confusión en el aula. Algunos comentarios fueron: E14: “Flota porque es la mediana”; E23: “Pues a lo mejor es porque la piedra pequeña que se ha hundido, dentro, tiene más peso y la que ha flotado, dentro, tiene menos peso”. Lo que sugiere que empezaron a buscar alternativas que explicasen lo ocurrido en base a su experiencia [25], y esta frase apunta a que estiman posible que un objeto de gran tamaño presente menor masa de la que se le supone. Esto indica que el modelo construido por estos alumnos maneja dos variables al tiempo, probablemente porque el contexto educativo y sus vivencias influyen en la construcción de modelos más complejos que los monocausales [26]. Llama la atención que alumnos de estas edades superen el modelo preoperacional [27], pero el resultado es indudable. En estos casos, la búsqueda de un criterio clave fiable les hace sugerir que, quizás, los objetos (las rocas) tienen diferente cantidad de materia (ellos dicen “peso”) en distintas partes o capas de su interior; o sea, proponen que la masa del objeto no es homogénea para explicar el resultado, casi construyendo el concepto de densidad a través de sus percepciones. De aquí se puede inferir que lo habitual, para ellos, es que los objetos deben tener densidades homogéneas por el hecho de

ser clasificados en una categoría de objeto. Por ejemplo, esperan que todas las “piedras” tengan la misma relación peso-tamaño (masa-volumen), y por lo tanto tengan la misma densidad. Sin embargo, la estudiante E8 propuso una alternativa diferente: *“Flota porque tiene agujeritos por los que entra el aire y al entrarle el aire puede flotar y los otros, como no tienen agujeritos, no les entra aire y no pueden flotar”*. En este caso, la propuesta hace ver que está muy extendida la idea de que el aire permite a las cosas flotar. Llama la atención lo convincente y extendida de esta idea, por la ausencia de discusión con sus compañeros, y porque, curiosamente, ha sido mostrada por estudiantes de ESO en diferentes estudios [24], pero no sabemos el motivo de esta creencia. Quizás sus experiencias cotidianas con flotadores o balones de playa, o alguna actividad con plastilina realizada dos años atrás, basada en la propuesta de Carretero en 1980 [28], pudieran justificar dicha respuesta.

En 3 minutos, una de las alumnas ya había dado una respuesta que iniciaba el camino hacia la resolución al problema planteado. Por ello, las docentes utilizaron esta hipótesis para continuar con la experiencia sin detallar si era o no correcta. Antes de sumergir la siguiente roca, se pidió un voluntario para acercarse a observar; sin tocar, si la siguiente roca tenía “agujeros” o no. El alumno aseguró que no tenía agujeros y las docentes preguntaron: *“entonces, ¿flotará o se hundirá?”*. Las opiniones se dividieron casi equitativamente (11 dijeron que flotaría y 12 que se hundiría). Se colocó la roca en la superficie del agua y al soltarla se hundió. Una de las autoras (E8) de las teorías anteriores comentó: *“Claro, porque no tiene agujeritos. Tiene más peso dentro y se hunde”*. En este punto, los alumnos detectaron una propiedad observable que les pareció eficaz para predecir las respuestas observadas. Algunos comprendían que tener aire dentro podía reducir la densidad de un cuerpo, otros simplificaban que tener aire hace flotar; y otros que flotaba porque tenía agujeros. En algunos casos esta hipótesis estará basada en modelos monocausales y en otros habrá modelos más complejos donde se manejen las dos principales variables para la flotabilidad: masa y volumen; despreciando la densidad del fluido, lo que sería el nivel máximo de comprensión del modelo de flotabilidad, pero fuera de nuestros objetivos para esta actividad.

Se repitió el procedimiento con otro trozo más pequeño de pumita. Un alumno aseguró que ésta sí tenía “agujeros”, y el sondeo a la pregunta sobre si flotaría o se hundiría fue de 17 estudiantes a favor de que flotaría y sólo seis en contra. Cuando se colocó la pumita en el agua, ésta flotó como había anticipado la mayoría de la clase. En este momento ya se podía hablar de cambio conceptual. Los alumnos habían utilizado lo aprendido y la experiencia para reformular sus ideas anteriores y crear otras nuevas, en base a la observación de pruebas clave para la predicción de fenómenos, que son experiencias fundamentales para promover el cambio conceptual.

2ª Parte: Experiencias de refuerzo

A continuación, las docentes sacaron la báscula: *“como ya hemos visto hay rocas que flotan y otras que se hunden. Entonces, si las pesamos, ¿qué creéis que vamos a encontrar?”*. La respuesta de E8 fue contundente: *“pues que las piedras con agujeritos van a pesar menos que las que se han hundido, porque las que no tienen agujeros están llenas de piedra por dentro”*. En este punto y con esta hipótesis formulada, estaban en un nivel de dominio del contenido elevado ya que, explicaban claramente los motivos de por qué el objeto tiene mayor densidad en ausencia de espacios llenos de aire, por lo que se aproximaron intuitivamente a los conceptos de masa, volumen y densidad y su modelo explicativo maneja al menos dos variables: masa y volumen, lo que por edad no es frecuente según la etapa de desarrollo cognitivo piagetiano.

Se solicitaron voluntarios para salir a tocar y coger las rocas y a cada uno se le dio una roca con densidad superior a la del agua (basalto, ladrillo o cuarcita) y una muestra de pumita de tamaño (volumen) similar. Después de que compartiesen sus impresiones con el grupo, las pesaron de una en una en la báscula. *“Esta roca [cuarcita] pesa 85 gramos y la anterior [pumita] pesaba 25 gramos. ¿Cuál de las dos tiene un peso mayor?”*. A través de sus contestaciones se comprobó que todos comprenden y dominan la atribución numérica a la cantidad y que diferencian el número mayor del menor.

Para explicar el fundamento científico de la actividad que se basa en el concepto de densidad, se utilizaron las peras de laboratorio. Una se había llenado previamente con agua, mientras que la otra estaba vacía. Las docentes mostraron ambas al grupo y preguntaron: *“¿Son iguales estas dos peritas?”*. Los alumnos contestaron que sí, y se les preguntó: *¿flotarán o se hundirán?”*. Se observó que todos daban por hecho que pasaría lo mismo con las dos peras, pero pidieron que las metieran en el agua. Al hacerlo, una de ellas flotó mientras que la otra se hundió. Entonces la alumna (E8) que realizó la hipótesis de los “agujeritos en la piedra” comentó: *“Esto pasa*

porque una está llena de algo y se hunde, y la que flota solo tiene aire". Las docentes preguntaron: "¿Estáis todos de acuerdo?". Los alumnos confirmaron y entonces se pesaron las dos peras, comprobando que la que se hundió "pesaba" más que la que flotó, pero insistiendo en que ambas eran igual de grandes (idéntico volumen). Las docentes terminaron apretando las dos peritas, mostrando que una estaba llena de agua, y explicando que lo importante no es que un objeto sea más grande o más pequeño, porque no solo depende de su tamaño (volumen) para que sepamos si flotará o no, sino que también necesitamos saber su peso (masa). "Por lo tanto, para saber si un objeto flotará o se hundirá, necesitamos estimar su densidad", que vendría a ser cuánto de ligero es respecto al espacio que ocupa.

2. ANÁLISIS DE DESTREZAS

La clasificación de destrezas aplicada permite categorizar los contenidos procedimentales de carácter científico que deberían dominar los estudiantes al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria, ya que la adquisición de destrezas científicas les permitirá analizar y resolver problemas en cualquier ámbito de la vida cotidiana.

Dado que lo deseable es fomentar la autonomía en la resolución de problemas desde edades tempranas, se consideró que estos procedimientos podrían analizarse en alumnos de Educación Infantil ante una situación problema natural. En este sentido, como se puede observar en la **tabla I**, de las 20 destrezas que se proponen, 12 se han puesto en práctica por parte de nuestro alumnado durante la actividad. En primer lugar, hay que señalar que, como mencionamos anteriormente, algunas no concuerdan con, o se ajustan a, su nivel madurativo y de desarrollo, o no proceden con el caso a resolver; como son el caso de "transformación de datos" o "construcción de aparatos y maquetas", respectivamente.

De las 12 que se ponen en juego, tres de ellas ("observación", "realización de predicciones y emisión de hipótesis" y "elaboración de informes") han sido desarrolladas por prácticamente la totalidad del alumnado. Este resultado es muy relevante ya que estas destrezas son la base de la indagación y del método científico. Por otro lado, nueve han aparecido en parte de los alumnos ("clasificación", "medición", "establecimiento de conclusiones"), que dotan al alumno de habilidades prácticas para discriminar y razonar.

CONCLUSIONES

La enseñanza de ciencias en aulas de Educación Infantil mediante experiencias científicas, vivenciales y a través de preguntas mediadoras puede ser la clave para fomentar vocaciones científicas y la adquisición de cierto nivel de alfabetización científica desde edades tempranas, incluso mediante la presentación y descubrimiento de contenidos curriculares de niveles académicos muy superiores.

El aprendizaje basado en la experiencia promueve el desarrollo y adquisición de destrezas científicas y quizás sea el responsable de la construcción de modelos explicativos de niveles superiores a los que corresponden por su desarrollo madurativo.

A la luz de nuestros resultados, los alumnos de Educación Infantil presentan ideas y explicaciones relacionados con la flotabilidad, la densidad, la masa y el volumen similares a los estudiantes de ESO, sin haber tenido aprendizajes conceptuales, sólo basados en su propia experiencia.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ROBLES, A., SOLBES, J., CANTÓ, J.R., LOZANO, O.R. (2015) Actitudes de los estudiantes hacia la ciencia escolar en el primer ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 361-376.
- [2] MURPHY, C., BEGGS, J. (2003), Children's perceptions of school science. *The School science review*, 84 (308), 109-116.

- [3] BRÍGIDO, M., BORRACHERO, A.B., BERMEJO, M.L., GUTIÉRREZ-ASCANIO, C. (2012) Diferencias en las emociones en la enseñanza de las ciencias de futuros maestros de primaria de tres universidades españolas. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 2 (1), 69-75.
- [4] FECYT (2015). ¿Cómo podemos estimular una mente científica? Estudio sobre vocaciones científicas. <http://www.fecyt.es/es/publicacion/como-podemos-estimular-una-mente-cientifica>
- [5] CAÑAL DE LEÓN, P., CRIADO, A.M., GARCÍA-CARMONA, A., MUÑOZ-FRANCO, G. (2013) La enseñanza relativa al medio en las aulas españolas de educación infantil y primaria: concepciones didácticas y práctica docente. *Investigación en la escuela*, 81, 21-42.
- [6] OCCELLI, M., VALEIRAS, B.N. (2013) Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de Las Ciencias*, 31 (2), 133-152.
- [7] CANTÓ, J., DE PRO, A., SOLBES, J. (2016) ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 34 (3), 25-50.
- [8] GARCÍA-GONZÁLEZ, S., PÉREZ-MARTÍN, J.M. (2016) Enseñanza de las ciencias naturales en educación primaria a través de cuentos y preguntas mediadoras. *Revista Internacional de Investigación e Innovación en Didáctica de las Humanidades y las Ciencias*, 3, 101-122.
- [9] FURMAN, M. (2016) *Educación de mentes curiosas: la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Santillana, p. 88.
- [10] LLORET, A., JIMÉNEZ-TEJADA, M.P., BARÓN, S. (2017) Las ciencias en los libros de texto de Educación Infantil. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, nº Extra, 927-932.
- [11] FERNÁNDEZ-OLIVERAS, A., CORREA, V.M., OLIVERAS, M. L. (2016) Estudio de una propuesta lúdica para la educación científica y matemática globalizada en infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (2), 373-383.
- [12] GARCÍA-CARMONA, A., CRIADO, A.M., CAÑAL, P. (2014) Alfabetización científica en la etapa 3-6 años: un análisis de la regulación estatal de enseñanzas mínimas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32 (2), 131-149.
- [13] GELMAN, R., BRENNEMAN, K. (2004) Science learning pathways for young children. *Early Childhood Research Quarterly*, 19 (1), 150-158.
- [14] ESHACH, H., FRIED, M.N. (2005) Should science be taught in early childhood? *Journal of science education and technology*, 14 (3), 315-336.
- [15] SHIVI, L.E., BODZIN, A.M., CATES, W.M. (2004) A national standards-based study of web-based inquiry in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 81 (7), 1066-1072.
- [16] WORTH, K. (2010) Science in early childhood classrooms: Content and process. *Early Childhood Research & Practice (ECRP)*, 12 (2).
- [17] GUN, J. (2015) *Talleres de Ciencias para la Educación Infantil*. Córdoba-Argentina: Brujas, p. 125.
- [18] PRO, A. (2013) Enseñar procedimientos: porqué y para qué. *Didáctica de las ciencias experimentales*, 73, 69-76.
- [19] BLANCA, S., HIDALGO, J., BURGOS, C. (2013) Escuela infantil y ciencia: la indagación científica para entender la realidad circundante. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, nº Extra, 979-983.

- [20] ESQUIVEL-MARTÍN, T., BRAVO-TORIJA, B., PÉREZ MARTÍN, J. M. (2019) Brecha entre investigación y praxis educativas en la enseñanza de biología. REICE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 17 (4), 75-91.
- [21] GOODNOW, J. (1979). *El dibujo infantil*, Londres, Ediciones Morata, p. 213.
- [22] AINSWORTH, S., PRAIN, V., TYLER, R. (2017) Drawing to Learn in Science. *Science*, 333 (6046), 1096-1097.
- [23] PALACIOS-DÍAZ, R., CRIADO, A.M. (2017) Lo que no dicen los libros españoles de texto de educación secundaria obligatoria sobre la masa, el volumen y la densidad. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 35 (2), 51-70.
- [24] MADRIGAL, A., SLISKO, J. (2010) Un frasco flota en el agua y se hunde en el aceite: ¿cómo los alumnos de bachillerato explican tales hechos y qué predicen para una situación más compleja? *Latin-American Journal of Physics Education*, 4 (2), 408-414.
- [25] GÓMEZ CRESPO, M.Á., POZO, J.I., GUTIÉRREZ JULIÁN, M.S. (2004) Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación química*, 15 (3), 198-209.
- [26] WISER, M., SMITH, C.L. (2009) Learning and Teaching about Matter in Grades K–8: When Should the Atomic-Molecular Theory be Introduced? *International handbook of research on conceptual change*. Routledge, 205-239.
- [27] PIAGET, J. (1978) *La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo*. Madrid, Editorial Siglo XXI, p.192.
- [28] CARRETERO, M. (1980) Tropezando muchas veces con la misma piedra. *Cuadernos de Pedagogía*, 67, 10-12.

VILLAGUSANO Y EL MISTERIO DE LA COMARCA

Isabel Blázquez de Paz

IES Gómez-Moreno, Madrid

Dirección de correspondencia: iblazquezdepaz@gmail.com

Palabras clave: hábitos saludables; dieta equilibrada; pesticidas; gusanos rey.

Keywords: healthy habits; balance diet; pesticides; king worms.

Resumen

Comer de manera equilibrada es fundamental para nuestra salud, y cualquier dieta inapropiada puede acarrear enfermedades graves. A fin de comprobar esta hipótesis, se planteó un estudio en el que se dividió a treinta gusanos rey (*Zophobas morio*) en tres grupos con distintas dietas. El primero recibió una dieta nutritiva; el segundo, una dieta pobre; y el tercero, una dieta intermedia. La dieta que dio mejores resultados fue la intermedia. Lo que también se observó fue la muerte de una parte importante de los gusanos en todas las condiciones, siendo común en todas ellas la fruta y verdura que consumían. En un segundo experimento, se hicieron de nuevo tres grupos de gusanos rey. El primero recibió frutas y verduras convencionales sin lavar; el segundo, frutas y verduras convencionales, pero lavadas; y el tercero, frutas y verduras de agricultura ecológica. Los animales alimentados con fruta sin lavar crecían mucho peor y los sujetos morían en un número más elevado que en cualquiera de los otros dos grupos. En cuanto a la mortandad de los gusanos que comieron fruta lavada y aquellos que comieron fruta ecológica, fue similar en ambos grupos, pero la vitalidad de los primeros era mucho menor que los del segundo grupo. Parece ser que algún compuesto de las frutas y verduras convencionales (seguramente pesticidas) está afectando a la salud de los gusanos, y que este problema es más notable en fruta sin lavar.

Abstract

Eating in a balanced way is essential for our health, and any inappropriate diet can lead to serious diseases. In order to test this hypothesis, a study was proposed in which thirty king worms (*Zophobas morio*) were divided into three groups with different diets. The first received a nutritious diet; the second, a poor diet; and the third, an intermediate diet. The diet that gave the best results was the intermediate one. What was also observed was the death of an important number of the worms in all conditions, all of which shared the fruit and vegetables they consumed. In a second experiment, three groups of king worms were made again. The first received conventional unwashed fruits and vegetables; the second, conventional fruits and vegetables, but washed; and the third, fruits and vegetables from organic farming. Animals fed unwashed fruit grew much worse and subjects died in higher numbers than in either of the other two groups. Regarding the mortality of the worms that ate washed fruit and those that ate organic fruit, it was similar in both groups, but the vitality of the former was much lower than those of the second group. It seems that some compound in conventional fruits and vegetables (probably pesticides) is affecting the health of the worms, and that this problem is more noticeable in unwashed fruit.

A continuación vamos a embarcarnos en una aventura que encierra un misterio, un viaje con dos etapas en las que encontraremos resultados inesperados.

PROYECTO I – SOMOS LO QUE COMEMOS

INTRODUCCIÓN

Ludwig, un antropólogo y filósofo alemán, es el padre de la famosa frase «somos lo que comemos», lo cual queda patente en los informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1]. Según la OMS, una dieta nutritiva y equilibrada es fundamental para un buen desarrollo a lo largo de nuestra vida, algo especialmente importante en la infancia y adolescencia. Cualquier dieta inapropiada trae como consecuencia problemas de salud y enfermedades graves, como pueden ser la obesidad o la desnutrición.

Por consiguiente, nos marcamos como objetivo analizar si la alimentación influye en el desarrollo de los organismos, una meta que quisimos explorar con alumnos de 1º ESO, a fin de concienciarlos sobre la relevancia de una alimentación apropiada a temprana edad.

Como hipótesis de partida, consideramos que la alimentación debe influir en el desarrollo de los seres vivos, siendo una dieta equilibrada la más apropiada para este desarrollo.

METODOLOGÍA

Los sujetos experimentales elegidos fueron los escarabajos conocidos como gusanos rey (*Zophobas morio*), y más en concreto sus larvas (**figura 1**). Nos decantamos por este modelo animal porque es fácil de encontrar en tiendas de mascotas, ya que se emplea como alimento vivo para reptiles. Además, su crianza es muy sencilla, puesto que en cautividad se les alimenta siguiendo una dieta a base de cereales, y su manipulación es menos tediosa que la de otras especies, como los escarabajos del género *Tenebrio*, ya que las larvas son mucho más grandes.



Figura 1. Ejemplares de las larvas de gusano rey empleadas en el estudio.

Dividimos treinta de estos gusanos en tres grupos de estudio con distintas dietas. El primero de ellos, al que denominamos *The Boss*, recibió una dieta altamente nutritiva, en la que tenían variedad de cereales (25% harina de trigo, 25% harina de avena y 25% salvado de trigo), junto con un suplemento de engorde (12,5% pienso para pollos y 12,5% levadura de cerveza). Al segundo de los grupos, *Las Nancis Rubias*, se le alimentó con una dieta pobre desde el punto de vista nutritivo, basada tan solo en trigo (90% pan rallado, junto con un 10% de harina y salvados de trigo). El tercero de los grupos, *Malcom in the Middle*, recibió una dieta intermedia, una mezcla a partes iguales de las dos anteriores. Adicionalmente, a todos los gusanos se les dio periódicamente trozos de fruta y verdura fresca para que pudiesen hidratarse.

Las tasas de crecimiento se registraron tres días a la semana, en días alternos, calculándose tanto el peso como la longitud medios de las larvas de cada grupo, unas medidas que se tomaron desde el 18 de marzo al 18 de abril de 2018.

RESULTADOS

Lo que se esperaba encontrar en este experimento es un mayor crecimiento en la dieta altamente nutritiva, un crecimiento intermedio en la dieta mixta y un menor crecimiento en la dieta pobre.

Cuando observamos las variaciones de longitud en las tres dietas, vemos que la que consiguió mejores resultados a largo plazo fue la mixta (**figura 2**). En cuanto al peso, las variaciones son menores que en longitud. En los tres casos se observa un incremento inicial, a partir del cual el peso se mantiene bastante constante, con la excepción de un pico en la dieta pobre, que puede deberse a un error de medida (**figura 3**).

Lo más sorprendente fue comprobar en todas las condiciones cómo una buena parte de nuestros gusanos morían, especialmente en la dieta pobre.

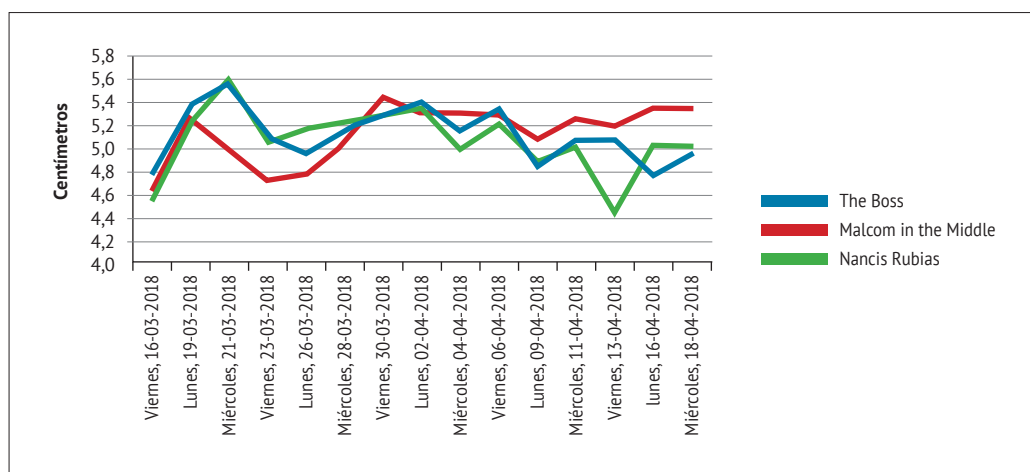


Figura 2. Evolución de la longitud de los gusanos en función de la dieta.

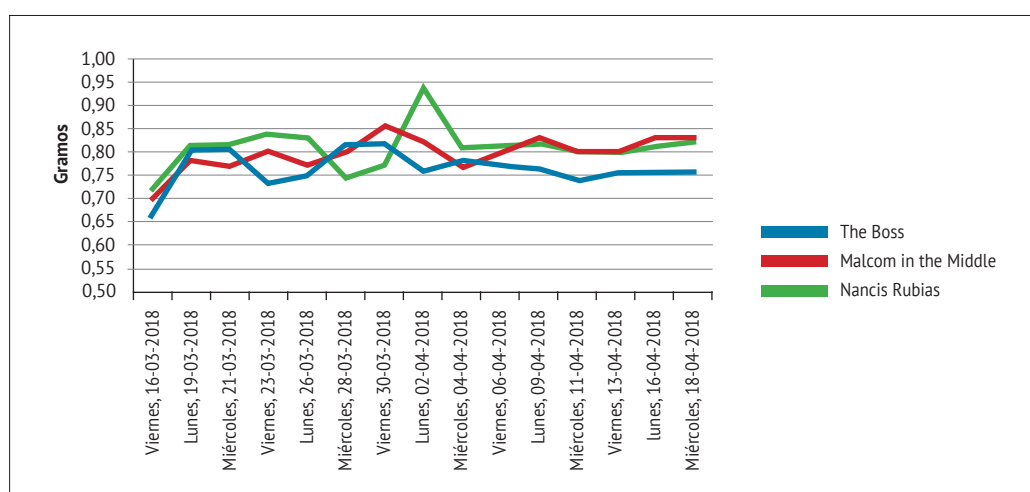


Figura 3. Evolución del peso de los gusanos en función de la dieta.

DISCUSIÓN

Este estudio se centra en la influencia de la dieta en el desarrollo de los organismos. Tras analizar los resultados, se observó que la dieta que más favoreció al crecimiento de los gusanos fue *Malcom in the Middle*. No debemos olvidar que es una dieta intermedia con aporte conjunto de las otras dos, por lo que es, en realidad, la más variada.

Además, se observaron mayores variaciones en longitud que en peso, algo que podría atribuirse a la baja sensibilidad de nuestra balanza de medida, incapaz de registrar variaciones muy sutiles en el peso, como las que cabría esperar en organismos tan pequeños.

Lo más sorprendente fue encontrar en todas las condiciones unos resultados inesperados, muchos de nuestros gusanos morían. Analizando despacio qué podía causar esta mortandad, comprobamos que lo que tenían en común era la fruta y verdura que consumían, lo que nos llevó a pensar que había algo oculto que les estaba dañando.

PROYECTO 2 – EL ENEMIGO INVISIBLE

INTRODUCCIÓN

En un segundo estudio, llevado a cabo por otro grupo de alumnos de 1º ESO, intentamos resolver el misterio de Villagusano. Si recordamos, en la investigación sobre la dieta de los gusanos rey se encontró algo inquietante. En todas las condiciones establecidas morían muchos de los gusanos, siendo el factor común a todos ellos la fruta y verdura que comían. Es muy probable que este alimento contuviese trazas de pesticidas, sustancias químicas que tienen en su punto de mira a distintas plagas, como los insectos [2], pero que llegan a nuestra mesa camuflados principalmente en su piel [3, 4].

Por lo tanto, el objetivo que nos marcamos fue analizar si los pesticidas influyen en la supervivencia y bienestar de los seres vivos, partiendo de la hipótesis de que los plaguicidas deben influir negativamente en el desarrollo de los seres vivos, provocando incluso la muerte si se consumen de manera continuada.

METODOLOGÍA

En este segundo estudio se volvió a elegir el gusano rey como sujeto experimental, separándolos de nuevo en tres grupos. A todos ellos se les ofreció el mismo tipo de dieta, siendo esta la intermedia del estudio anterior, pero se varió la fruta y verdura que se les administraba. El primero de los grupos (*Danger Danger*) recibió frutas y verduras convencionales sin lavar, el segundo grupo (*Be Water*), frutas y verduras convencionales lavadas, y el tercer grupo (*Ecofriendly*), frutas y verduras ecológicas.

Una vez más, se registró el peso y la longitud de las larvas, medidas cada dos días (lunes, miércoles y viernes).

RESULTADOS

Lo que se esperaba encontrar en este experimento es una menor mortalidad y una mayor vitalidad en la condición *Ecofriendly*, una pérdida de vitalidad en *Be Water* –e incluso aumento de mortalidad si el simple lavado de los alimentos no elimina todos los pesticidas– y una mayor mortalidad y menor vitalidad en *Danger Danger*.

Lo que observamos respecto a la mortalidad fue que el 25% de los gusanos (2 de 8) murieron en la condición *Ecofriendly*, cifra similar a *Be Water*, con un 29% de mortandad (2 de 7 larvas), mientras que en *Danger Danger* la mortalidad ascendió al 75% de los sujetos (6 de 8).

Asimismo, en la condición *Danger Danger*, es decir, con posibles trazas de pesticidas, el tamaño de las larvas fue menor comparado con las otras dos condiciones (**figura 4**), algo aún más evidente cuando analizamos la evolución del peso de los individuos (**figura 5**). Si comparamos *Be Water* con *Ecofriendly*, observamos que el incremento de peso fue mayor cuando los gusanos tomaban fruta ecológica que cuando consumían fruta convencional lavada (**figura 4**), algo que también quedó reflejado en su vitalidad.

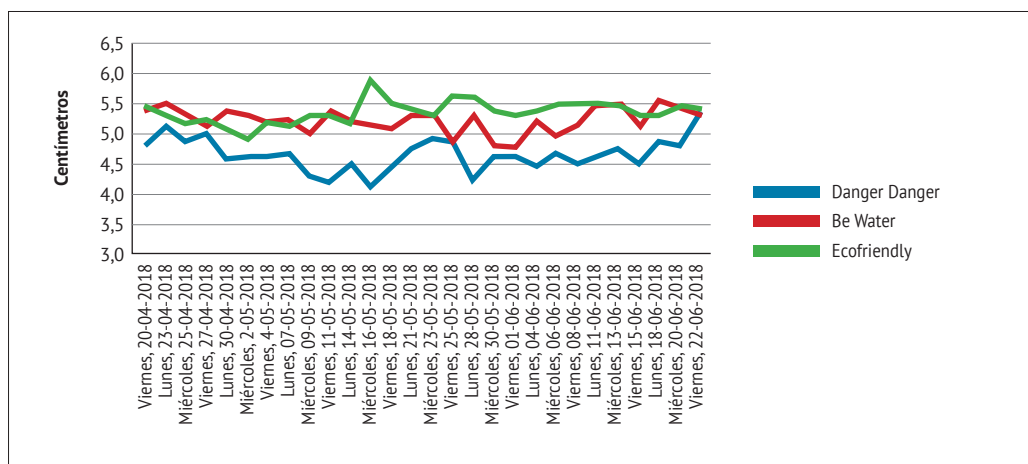


Figura 4. Evolución de la longitud de los gusanos en función de la fruta y verdura consumidas.

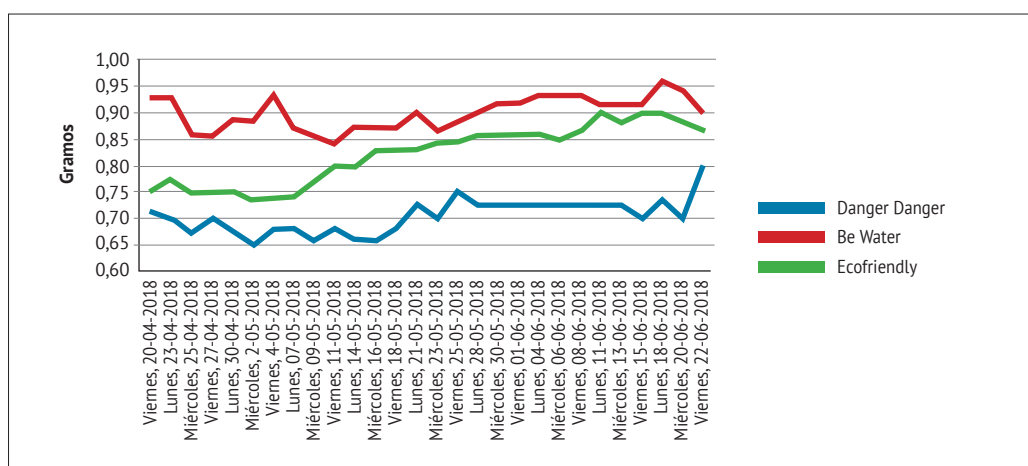


Figura 5. Evolución del peso de los gusanos en función de la fruta y verdura consumidas.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se analizó la influencia de los pesticidas en el desarrollo de los seres vivos.

Según los resultados obtenidos, la fruta y verdura ecológicas parecen ser las más apropiadas para el desarrollo de los gusanos rey, disminuyendo su mortalidad y aumentando su vitalidad.

En lo relativo a la fruta y verduras convencionales lavadas, parecen no ser tan perjudiciales, ya que no generan una elevada mortalidad, aunque la vitalidad de los gusanos se vio mermada, lo que puede indicar que tienen trazas de pesticidas que permanecen en ellas a pesar del lavado.

La fruta y verduras convencionales sin lavar son sin duda las más perjudiciales, generando una elevada mortandad y una merma significativa en el desarrollo de los gusanos, lo que se traduce en un crecimiento más lento, tanto en peso como en longitud. Esto puede deberse a una mayor concentración de pesticidas en esta fruta y verdura, de manera que permanecen en la piel y son consumidos junto con el alimento.

No olvidemos que comemos las mismas frutas y verduras que los gusanos del estudio, por lo que sería conveniente incrementar nuestro consumo de frutas y verduras ecológicas, o al menos lavar las convencionales antes de consumirlas para disminuir en lo posible la ingesta de pesticidas. Es muy probable que estos químicos no sean tan perjudiciales para nosotros como lo son para nuestras larvas. No obstante, se ha visto que los

plaguicidas son tóxicos para el ser humano y que pueden causar efectos tanto agudos como crónicos sobre la salud, en función de la cantidad y del modo de exposición [5]. Por consiguiente, toda precaución es poca para reducir su consumo.

Finalmente cabe destacar que, gracias a este tipo de experiencias sencillas, se puede animar a los alumnos más jóvenes a adentrarse en el mundo de la investigación, un mundo cambiante que no para de sorprendernos. Además, estudios de este tipo ponen de manifiesto de una manera palpable y clara ciertos hábitos saludables que recomendamos a nuestro alumnado, haciéndolos mucho más vivenciales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2021). Alimentación sana. [En línea], disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>. [Consultado el 14/07/2021]
- [2] DEPARTAMENTO DE REGLAMENTACIÓN DE PESTICIDAS DE CALIFORNIA (2017). ¿Qué es un pesticida? [En línea], disponible en: <https://www.cdpr.ca.gov/docs/dept/factshts/spanish/what-s.pdf>. [Consultado el 14/07/2021]
- [3] ROMERO, S. (2019). ¿Cuáles son las frutas y verduras con más pesticidas? Muy Interesante [En línea], disponible en: <https://www.muyinteresante.es/salud/articulo/cuales-son-las-frutas-y-verduras-con-mas-pesticidas-861489575072>. [Consultado el 14/07/2021]
- [4] CALVO, A. (2018). Sí, estás comiendo pesticidas en las frutas y las verduras. [En línea], disponible en: https://www.alimente.elconfidencial.com/consumo/2018-05-24/pesticidas-residuos-en-frutas-y-verduras_1566603/ [Consultado el 14/07/2021]
- [5] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2021). Residuos de plaguicidas en los alimentos. [En línea], disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>. [Consultado el 14/07/2021]

LA ESTRUCTURA CONCEPTUAL DE LA QUÍMICA: IMPLICACIONES DIDÁCTICAS Y CURRICULARES EN LA PROGRESIÓN DEL APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS DE SUSTANCIA Y REACCIÓN QUÍMICA

Aureli Caamaño Ros

Sociedad Catalana de Química

Dirección de correspondencia: aurelicaamano@gmail.com

Palabras clave: estructura conceptual de la química, triplete de la química, modelos representacionales, niveles de descripción, progresión del aprendizaje.

Keywords: conceptual structure of chemistry, triplet of chemistry, representational models, levels of description, learning progression

Resumen

Se aborda la estructura conceptual de la química en base al triplete “realidad-conceptos-modelos representacionales”, destacando la importancia de los conceptos esenciales de sustancia, estructura y reacción química. La realidad química está constituida por entidades materiales y procesos químicos, las interacciones entre entidades, y las propiedades de las entidades y de los procesos. La conceptualización de estos elementos se realiza a través de cinco niveles o escalas de descripción de la realidad: macroscópica, mesoscópica, molecular, atómica y subatómica. La progresión del aprendizaje de estos conceptos a través de sucesivos procesos de modelización requiere desarrollar los modelos teniendo en cuenta esta diversidad de niveles.

Abstract

The conceptual structure of chemistry is approached based on the triplet “reality-concepts-representational models”, highlighting the importance of the essential concepts of substance, structure and chemical reaction. Chemical reality is made up of material entities and chemical changes, the interactions between entities, and the properties of entities and changes. The conceptualization of these elements is carried out through five levels or scales of description of reality: macroscopic, mesoscopic, molecular, atomic and subatomic. The progression of learning these concepts through successive modeling processes requires developing the models taking into account this diversity of levels.

INTRODUCCIÓN

La presente comunicación pretende incidir en la clarificación de la naturaleza de los componentes ontológico, conceptual y representacional de la química y sugerir algunas implicaciones didácticas y curriculares, en particular, sobre la progresión de los conceptos básicos de sustancia y reacción química.

La propuesta parte de un triplete de la química constituido por tres componentes: la realidad química, los conceptos y modelos mentales y los modelos representacionales [1, 2] (figura 1).

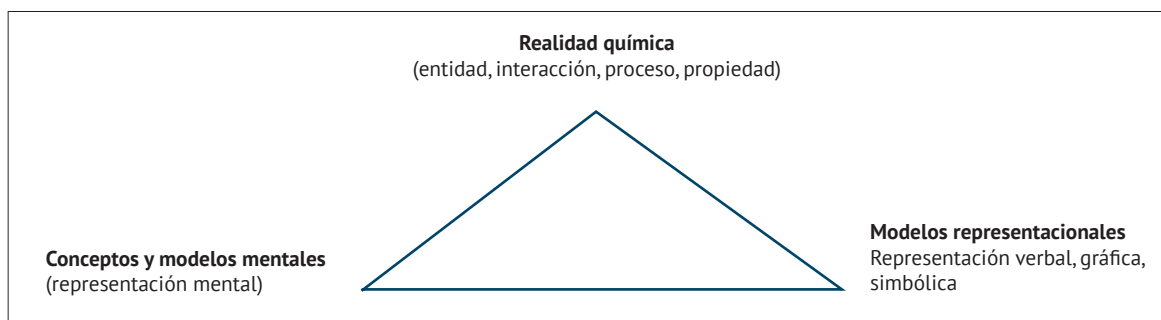


Figura 1. Triplete de la química: realidad química, conceptos y modelos mentales, modelos representacionales [2].

UNA CLASIFICACIÓN DE LOS REFERENTES ONTOLÓGICOS DE LA QUÍMICA

La realidad química puede ser una entidad material (por ejemplo, una sustancia o un átomo), una interacción eléctrica entre partículas (fuerzas intermoleculares, un enlace entre átomos), un proceso (disolución, reacción química, las reacciones elementales de una reacción), una propiedad de una entidad material (la presión, la masa molecular, la carga eléctrica de un ion, la velocidad de una molécula, la energía cinética de una molécula) o una propiedad de un proceso (por ejemplo, la energía de una reacción, la energía de ionización de un átomo, la energía de disociación de un enlace).

Las propiedades, tanto de las entidades como de los procesos, pueden ser materiales (volumen molecular, masa molar), eléctricas (momento dipolar de una molécula), termodinámicas (temperatura, energía cinética molar, entalpía de una sustancia o de una reacción, entropía de una sustancia o de una reacción) o cinéticas (velocidad de reacción, energía de activación, mecanismo de una reacción).

Es útil diferenciar entre propiedades extensivas (dependen de la cantidad de sustancia que se considera) e intensivas (no dependen de la cantidad de sustancia que se considera), y apreciar que las propiedades molares son una forma de hacer intensivas las propiedades extensivas.

NIVELES O ESCALAS DE DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA: MACROSCÓPICO, MESOSCÓPICO, MOLECULAR, ATÓMICO Y SUBATÓMICO

En cada uno de los componentes del triplete de la química podemos distinguir dos niveles, el macroscópico y el submicroscópico. La realidad química presenta un nivel macroscópico, que es el que percibimos directamente con los sentidos (por ejemplo, una sustancia, una propiedad macroscópica medible, un instrumento de laboratorio o una reacción química), y un nivel submicroscópico, constituido por las partículas que forman estas sustancias, sus propiedades submicroscópicas y las interacciones entre ellas.

El nivel submicroscópico puede a su vez dividirse en cuatro niveles: mesoscópico, molecular, atómico y subatómico. El nivel mesoscópico informa de la distribución espacial y de las interacciones entre la multitud de partículas que constituyen una sustancia. Corresponde a este nivel, por ejemplo, la estructura multimolecular de una sustancia molecular o la estructura multiatómica o multiiónica de una sustancia con estructura gigante, ya sea metálica, iónica o reticular covalente. Este nivel también se puede denominar nivel multiatómico, multimolecular o multiiónico, según cual sea el tipo de partícula o entidad material que constituye la sustancia.

MODELOS REPRESENTACIONALES

Los modelos representacionales también pueden clasificarse en estos cinco niveles. Así, por ejemplo, *sustancia* es un término (representación verbal) que corresponde al nivel macroscópico, *molécula* a un nivel submicro-

cópico molecular y *especie química* o *estructura gigante* a un nivel mesoscópico. Las diferencias entre sustancia química, especie química y entidad química han sido destacadas por Caamaño [3] y Kermen [4]. Por otro lado, $H_2O(l)$ es una representación simbólica de nivel macroscópico o mesoscópico; un diagrama multimolecular del agua es una representación gráfica de nivel mesoscópico, porque representa convencionalmente una multitud de moléculas de agua, y H_2O es una representación simbólica de nivel submicroscópico molecular, porque representa una molécula de agua. Nótese como el uso del símbolo del estado físico de una sustancia soluciona la ambigüedad de significado macro o submicro que se produce cuando las fórmulas químicas se usan sin esta diferenciación simbólica.

UN CURRÍCULUM BASADO EN UNA SERIE DE CUESTIONES CLAVE E IDEAS Y MODELOS BÁSICOS

Actualmente, existe un consenso en que el diseño curricular de las disciplinas científicas debe estar basado en un conjunto de grandes ideas [5] que proporcione una base para la selección de contenidos y la progresión del aprendizaje. Diversos trabajos se han centrado en definir las grandes ideas de la química y en hacer propuestas sobre cómo debería ser la progresión conceptual sobre estas ideas a lo largo de los cursos de la educación secundaria. Existe acuerdo en conceder un carácter central a los conceptos de “sustancia” y “reacción química”, tal como han defendido Raviolo, Garritz y Sosa [6], Johnson [7], Sevan y Talanquer [8] y Caamaño [9].

Sevan y Talanquer [8] han propuesto una serie de cuestiones esenciales que relacionan con las prácticas científicas habituales de los químicos y que se asocian a seis conceptos o ideas básicas: 1. De qué están hechos los materiales (la cuestión de la identidad); 2. cómo se relacionan las propiedades de un material con su composición y estructura (relación estructura-propiedades); 3. por qué un material sufre cambios (la causalidad); 4. cómo suceden los cambios (mecanismo); 5. cómo controlamos los cambios que sufren las sustancias (control químico); 6. cuáles son las consecuencias de estos cambios (beneficios-costos-riesgos). Desde nuestro punto de vista [9], la estructura curricular de la química puede describirse a través de tres dimensiones y una serie de cuestiones clave, que se muestran en el **cuadro 1** juntamente con los procesos, relaciones e ideas básicas asociados.

Cuadro 1. Cuestiones clave y procesos, relaciones e ideas básicas de la química en la educación secundaria.

Cuestiones clave	Procesos, relaciones e ideas básicas
Dimensión 1. La química como ciencia	
¿Cuál es la naturaleza de la química?	Prácticas químicas.
¿Cómo indagamos y explicamos los fenómenos químicos?	Indagación, modelización y argumentación.
Dimensión 2. Los conceptos básicos de la química	
¿De qué están hechos los materiales?	Materiales, sustancias y mezclas.
¿Cómo identificamos las sustancias?	Identificación de las sustancias: propiedades características.
¿Cuál es la composición y la estructura de las sustancias?	Determinación de su composición y estructura.
¿Qué relación existe entre la estructura de las sustancias y sus propiedades?	Relación estructura-enlace-propiedades
¿Qué cambios puede sufrir una sustancia?	Cambios físicos y químicos
¿Cómo interpretamos los cambios físicos y químicos?	Reacción química
¿De dónde proviene la energía de las reacciones?	Energía, entropía, espontaneidad y equilibrio
¿Qué causa que una reacción química ocurra?	
¿Cómo podemos predecir las reacciones que son espontáneas?	
¿Por qué ciertas reacciones no se completan?	

Dimensión 2. Los conceptos básicos de la química	
¿Cómo ocurren las reacciones a nivel molecular?	Velocidad y mecanismo de reacción
¿Cómo podemos controlar su velocidad?	
¿Cómo podemos sintetizar sustancias naturales o nuevas sustancias?	Síntesis de sustancias
Dimensión 3. La química en el mundo	
¿Cuáles son las relaciones de la química con la sociedad y el medio ambiente?	Aplicaciones de la química. Química y sociedad. Química y desarrollo sostenible.

LA PROGRESIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS DE SUSTANCIA Y REACCIÓN QUÍMICA

Las progresiones de aprendizaje son modelos educativos sobre cómo se espera que evolucionen las formas de pensar de los estudiantes sobre conceptos e ideas centrales a medida que avanzan en sus estudios. Esta progresión conceptual implica la construcción de modelos explicativos cada vez más sofisticados. Concretar las maneras de pensar que pueden ir alcanzando los alumnos sobre las grandes ideas de la ciencia a lo largo de un curso o una etapa educativa resulta de utilidad, entre otras razones, porque proporciona un criterio para secuenciar los contenidos curriculares y diseñar secuencias didácticas.

La progresión de los aprendizajes se realiza a través de un proceso de elaboración de sucesivos modelos que se proponen para dar respuesta a una serie de *cuestiones guía* que ponen el foco en los aspectos de la materia y sus transformaciones que nos interesa indagar en cada momento. Los modelos elaborados parten del nivel macroscópico de la materia y se introducen progresivamente en niveles submicroscópicos: corpuscular, atómico-molecular, mesoscópico, subatómico, atómico-molecular-electrónico y mesoscópico-electrónico.

El progreso en la comprensión de un determinado fenómeno se debe a veces al avance en el conocimiento del mundo submicroscópico, lo que nos permite formular nuevas cuestiones que antes no había sido posible plantear o responder. Así, por ejemplo, el modelo corpuscular nos permite hacer hipótesis sobre la intensidad de las fuerzas que mantienen unidas las partículas de una sustancia y relacionar esa intensidad con propiedades como el punto de fusión o la dureza de la sustancia, pero encontrar una explicación de la naturaleza de estas fuerzas solo será posible a medida que avancemos en el conocimiento de la naturaleza eléctrica de la materia. Otras veces el progreso se produce por la integración de perspectivas teóricas diferentes; así, por ejemplo, abordamos progresivamente la explicación de procesos como la disolución de una sustancia o la reacción química desde el punto de vista del movimiento e interacción entre las partículas, de la variación de la energía potencial, etc.

Estamos firmemente convencidos de las ventajas de una progresión que parta del nivel macroscópico para adoptar sucesivamente diferentes niveles de descripción submicroscópica, tanto para el concepto de sustancia como el de reacción química. El progreso en la elaboración de los modelos viene guiado por el establecimiento de una serie de cuestiones clave del currículum de química y de cuestiones guía para el desarrollo de las secuenciacines curriculares y de las secuencias de enseñanza-aprendizaje.

LA PROGRESIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS DE SUSTANCIA Y REACCIÓN QUÍMICA EN 2º Y 3º ESO

Los contenidos del currículum actual de los diferentes cursos de química en secundaria no siempre permiten realizar una adecuada progresión en la elaboración de los conceptos y modelos. Diversos autores han propuesto secuencias de progresión de estos dos conceptos [10, 11] y del concepto de sustancia [12, 13] y de reacción química [14-16] en particular.

El **cuadro 2** muestra algunas cuestiones guía e ideas básicas que marcan la progresión inicial que proponemos para el concepto de sustancia, mediante una modelización, en primer lugar, a nivel macroscópico y, a continuación, a nivel submicroscópico, mediante la elaboración del modelo cinético-corpúscular. La modelización propuesta puede iniciarse en 2º ESO y continuarse en 3º ESO.

Cuadro 2. Progresión en el aprendizaje del concepto de sustancia propuesta para 2º y 3º de ESO (alumnos de 13 a 15 años).

Cuestiones guía	ideas básicas
Materiales y sustancias: modelo macroscópico	
¿De qué están hechos los objetos?	Los objetos están hechos de diferentes materiales. Tienen diferentes propiedades extensivas (masa, peso, volumen).
¿Qué es un material?	Los materiales son tipos de materia que se utilizan con una determinada finalidad. Pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. También pueden clasificarse en homogéneos o heterogéneos.
¿Cómo se identifican los materiales?	Los materiales tienen distintas propiedades características (color, dureza, flexibilidad).
¿De qué están hechos los materiales?	Un material puede estar formado por una única sustancia, pero generalmente está formado por una mezcla de sustancias (componentes).
¿Qué son las sustancias químicas? ¿Cómo se pueden identificar?	Una sustancia química es un material homogéneo que se caracteriza por unas propiedades características determinadas (por ejemplo, un punto de fusión bien definido).
¿La identidad de las sustancias se conserva en los cambios físicos?	La identidad de una sustancia química es la misma en cualquiera de sus estados físicos y también en disolución.
¿Hay grupos de sustancias que tienen propiedades comunes?	Hay distintos grupos de sustancias con propiedades comunes, como los metales, los no metales, los ácidos, las bases, los hidrocarburos, etc.
Estructura y propiedades de las sustancias: modelo cinético-corpúscular	
¿De qué están hechas las sustancias?	Una sustancia está formada por partículas submicroscópicas, todas iguales. Las partículas de distintas sustancias difieren en tamaño, forma e interacción entre ellas.
¿Cómo se explican las diferentes propiedades de las sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso?	Las partículas de una sustancia se encuentran en constante movimiento. Su posición relativa y su estado de movimiento es diferente en cada estado.
¿Las propiedades características de las sustancias son las mismas que las propiedades de las partículas que las componen?	Las propiedades macroscópicas emergen del movimiento e interacción de la multitud de partículas que componen las sustancias.
Cambios físicos de las sustancias: modelo cinético-corpúscular	
¿Por qué consideramos que el cambio de estado de una sustancia es un cambio físico?	La naturaleza de las partículas de una sustancia no cambia en un cambio de estado.
¿Por qué se mantiene constante la masa de una sustancia en los cambios físicos?	En los cambios físicos no cambian las partículas y, por tanto, tampoco varía su masa ni la masa total de todas ellas.

El **cuadro 3** muestra la progresión de aprendizajes relativos al concepto de reacción química, sustancia elemental y compuesto químico que se propone para 3º ESO. La identificación de las sustancias que reaccionan y se forman nos permite abordar una modelización macroscópica de la reacción química. La pregunta siguiente sería ¿todas las sustancias pueden descomponerse?, que nos conducirá a la diferenciación macroscópica entre sustancias elementales y sustancias compuestas (compuestos químicos).

Cuadro 3. Progresión del aprendizaje de los conceptos de reacción química, sustancia elemental, elemento químico y compuesto químico propuesta para 3º de ESO (alumnos de 14 a 15 años).

Cuestiones guía	ideas básicas
Reacción química: modelo macroscópico	
¿Cómo se detecta que un cambio es químico?	En un cambio químico pueden observarse cambios que indican que se han formado sustancias nuevas: cambios de color; efervescencia, precipitación de un sólido, etc.
¿Cómo interpretamos un cambio químico?	Una reacción química es la transformación de una sustancia o varias sustancias en otras diferentes.
¿Cómo se identifican las sustancias que intervienen en una reacción?	Sustancias diferentes tienen propiedades características diferentes.
Reacciones de descomposición y de formación de sustancias	Composición de las sustancias: sustancias elementales y compuestos
¿Se puede descomponer una sustancia en otras más simples?	Hay sustancias que pueden descomponerse en otras más simples por calentamiento o el paso de la corriente eléctrica. Se denominan <i>compuestos químicos</i> .
¿Se pueden descomponer todas las sustancias?	Hay sustancias que no se pueden descomponer. Por esta razón se denominan <i>sustancias elementales</i> .
¿Cómo denominamos la materia que constituye una sustancia elemental?	Un elemento químico es el tipo de materia que constituye cada sustancia elemental.
¿Cómo podemos conocer la composición química de un compuesto?	La descomposición de un compuesto nos permite conocer los elementos químicos que lo constituyen.
¿Es fija la composición en masa de un compuesto?	La composición química de los compuestos (% en masa de cada elemento) es constante.
Tipos de reacción química: modelo basado en la conservación de los elementos	
¿Se conservan los elementos que forman parte de las sustancias cuando estas reaccionan?	Los elementos químicos se conservan durante las reacciones químicas.
¿Podemos clasificar las reacciones en diferentes tipos según el desplazamiento de los elementos en las sustancias?	Reacciones de descomposición, de formación, de desplazamiento y de doble desplazamiento de un elemento.
Energía y velocidad de reacción: modelo macroscópico	
¿A qué se debe la absorción o liberación de energía en las reacciones químicas?	La energía desprendida o absorbida en una reacción es consecuencia de la diferencia de energía entre productos y reactivos (conservación de la energía).
¿De qué factores depende la velocidad de las reacciones?	La velocidad de una reacción depende de la reactividad de las sustancias, de su concentración, de la temperatura y de la presencia de catalizadores. También del grado de división de los reactivos si la reacción es heterogénea.

Composición y estructura atómico-molecular y mesoscópica de las sustancias	
¿Cómo deben ser las partículas de una sustancia elemental para que no se pueda descomponer?	Las <i>sustancias elementales</i> están formadas por partículas indivisibles (átomos). Todos los átomos de un mismo elemento son iguales (tienen igual masa).
¿Cómo deben ser las partículas de una sustancia compuesta para que se pueda descomponer?	Los <i>compuestos</i> están formados por estructuras que implican la unión de átomos de diferentes elementos.
¿Cómo podemos definir un elemento químico en el modelo atómico-molecular?	Los <i>elementos químicos</i> son los tipos de átomos que forman cada sustancia elemental y que combinados forman los compuestos.
¿Por qué es constante la composición de los compuestos químicos?	Los átomos que forman un compuesto se combinan en una relación fija. Cada átomo tiene una determinada capacidad de combinación (<i>valencia</i>) con otros átomos. A veces presentan más de una valencia.
¿Qué estructuras pueden tener las sustancias elementales, es decir, cómo pueden estar unidos los átomos iguales que forman una sustancia elemental?	Las <i>sustancias elementales</i> pueden estar formadas por átomos libres, por moléculas de átomos iguales o por estructuras gigantes de átomos iguales.
¿Qué nos lleva a pensar que deben existir átomos con carga eléctrica (iones)?	Hay sustancias que conducen la electricidad en disolución acuosa. Ello nos hace suponer que están formadas por iones (ellas mismas o su disolución).
¿Qué estructuras pueden tener los compuestos?	Los <i>compuestos</i> pueden estar formados por moléculas o por estructuras gigantes de átomos o iones de diferentes elementos.
¿Cuál es la naturaleza del enlace o la interacción entre los átomos, los iones o las moléculas?	Hay evidencias para suponer que las interacciones entre los átomos, los iones o las moléculas son de tipo eléctrico.
Relación estructura-propiedades de las sustancias	
¿Cómo se explican las diferentes propiedades físicas de las sustancias?	Las propiedades físicas de las sustancias dependen de su estructura y del tipo de interacción entre sus partículas.
Periodicidad de las propiedades de las sustancias elementales y de los elementos	
¿Existe alguna relación entre las propiedades de las sustancias elementales y de los elementos y su masa atómica relativa?	Las sustancias elementales y los elementos presentan propiedades periódicas, cuando son ordenados en orden creciente de masas atómicas relativas.
Interpretación atómico-molecular y mesoscópica de la reacción química	
¿Cómo se interpreta una reacción química a escala atómico-molecular y mesoscópica?	Una reacción química supone una reorganización de los átomos que forman las estructuras de las sustancias que reaccionan para dar lugar a nuevas estructuras con diferente composición atómica.
¿Por qué se conserva la masa en las reacciones químicas?	En las reacciones químicas se conservan los átomos, en consecuencia, la masa del sistema reaccionante se mantiene constante.
Tipos de reacciones: modelo macroscópico y atómico-molecular	
¿Podemos clasificar las reacciones en diferentes tipos?	Las reacciones pueden clasificarse en reacciones de oxidación-reducción, reacciones ácido-base y reacciones de precipitación.
¿Cómo podemos interpretar las reacciones de oxidación-reducción?	Las reacciones de oxidación son reacciones en que una sustancia se combina con el oxígeno.
¿Cómo podemos interpretar las reacciones ácido-base?	Las reacciones entre ácidos y bases se pueden interpretar mediante un modelo macroscópico basado en sus propiedades y, posteriormente, en su composición química.

LA PROGRESIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS DE SUSTANCIA Y REACCIÓN QUÍMICA EN 4º ESO

En el cuarto curso de la ESO se debería proseguir la modelización de los conceptos de sustancia y reacción química, primero a escala atómico-molecular y mesoscópica y, posteriormente, a escala subatómica, después de haber modelizado la estructura interna del átomo y el enlace químico. En el cuadro 4 se apunta una propuesta de progresión del aprendizaje de estos conceptos en 4º de ESO. Se puede encontrar una propuesta más detallada en los siguientes artículos que tratan sobre la elaboración de un primer modelo atómico-molecular de la materia [17], modelos atómicos [18], modelos sobre el enlace químico y la estructura [19-22], la relación estructura-propiedades [23], modelos de reacciones ácido-base [24, 25], reacciones redox [26] y reacciones de precipitación [27], y actividades experimentales sobre reacciones químicas [28, 29].

Cuadro 4. Progresión del aprendizaje de los conceptos de sustancia y reacción química propuesta para 4º ESO (alumnos de 14 a 15 años).

Sustancia: estructura y propiedades
<ul style="list-style-type: none"> • Estructura de los átomos (modelos subatómicos) y relación con la tabla periódica. • Enlace químico y estructura de las moléculas y las estructuras gigantes. • Relación estructura-propiedades de los diferentes tipos de sólidos.
Reacción química
<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismo de reacción: modelo de colisiones (ruptura y formación de enlaces). • Energía de reacción (energía de enlace): perspectiva energética. • Interpretación de los factores que afectan la velocidad de reacción: perspectiva cinética. • Interpretación de las reacciones ácido-base (modelo de Arrhenius), oxidación-reducción (modelo de transferencia de electrones) y precipitación (modelo iónico). • Cálculos con cantidades de sustancia en reacciones químicas: perspectiva molar.

La propuesta de progresión presentada para la elaboración de los modelos submicroscópicos no se lleva a cabo mediante un avance lineal por los diferentes niveles estructurales, sino que cada indagación en un nivel más interno de la estructura de la materia implica una revisión y replanteamiento de las preguntas introducidas en el nivel anterior. El único nivel que siempre se presenta en primer lugar es el nivel macroscópico de las sustancias y las reacciones químicas.

UN ENFOQUE CURRICULAR QUE COMBINE LA CONTEXTUALIZACIÓN, LA INDAGACIÓN Y LA MODELIZACIÓN

Los currículos y proyectos curriculares tradicionales de química acostumbran a presentar el currículum a través de una secuencia temática, que presenta los conocimientos fundamentales de química de manera escalada y segmentada (mezclas y sustancias, gases, disoluciones, estructura atómica, enlace químico, reacción química, etc.). Nuestra propuesta se inscribe en un enfoque de la enseñanza de la química basado en la indagación y la modelización en situaciones contextualizadas a través de un esquema de progresión [30].

Confiamos que el esquema conceptual propuesto basado en el triplete “realidad, modelos mentales y modelos representacionales” en los cinco niveles de descripción constituya un esquema útil para proseguir reflexionando e investigando sobre la mejor forma de progresar en la modelización de los conceptos básicos de la química.

En los nuevos enfoques curriculares se parte de aspectos relevantes de la química en la vida cotidiana y en problemáticas de carácter global, que conducen a indagaciones que implican el desarrollo de conceptos y modelos. Así pues, los conceptos y modelos químicos son subsidiarios de una organización del currículum basada en el planteamiento de situaciones o de problemas que deben ser indagados o resueltos.

El currículo de química de la década que iniciamos debería profundizar en la contextualización y la relevancia social de los contenidos de la química sin dejar de prestar atención a los procesos de indagación y modelización. Conjuntar los criterios de progresión de los procesos de modelización expuestos en este trabajo con los que se puedan derivar de las cuestiones que se plantean en la resolución de problemas reales es el reto fundamental al que nos enfrentamos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CAAMAÑO, A. (2014) La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas. *Alambique* 78, 7-20.
- [2] CAAMAÑO, A. (2020) La estructura conceptual de la química y su enseñanza. En Caamaño, A. (coord.) *Enseñar química. De las sustancias a la reacción química*, Barcelona, Graó, pp. 9-34.
- [3] CAAMAÑO, A. (2015) Una reflexión conceptual y lingüística en torno a las diferentes denominaciones de las sustancias químicas. *Alambique* 82, 9-16.
- [4] KERMEN, I. (2021) Espèce chimique, entité chimique, substance chimique? Réflexion critique autour du glossaire d'accompagnement des programmes de chimie 2019. *Le BUP* 115, 1030, 29-41.
- [5] HARLEN, W. (ed.) (2010) *Principles and big ideas of science education*. Hatfield, Herts, Reino Unido, ASE.
- [6] RAVIOLO, A., GARRITZ, A. y SOSA, P. (2011) Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8, 3, 240-254.
- [7] JOHNSON, P. (2014) An evidence-based approach to introductory chemistry. *School Science Review* 95, 352, 89-97.
- [8] SEVIAN, H. y TALANQUER, V. (2014) Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 10-23.
- [9] CAAMAÑO, A. (2020) Grandes ideas y cuestiones clave del currículo de química, *Alambique* 110, 23-32.
- [10] TALANQUER, V. (2020) La progresión de los aprendizajes sobre la composición, estructura y transformación química de la materia, *Educació Química EduQ* 27, 4-11.
- [11] CAAMAÑO, A. y MARCHAN, I. (2021) La progresión en el aprendizaje de los conceptos de sustancia y reacción química en secundaria, *Alambique* 103, 8-15.
- [12] JOHNSON, P. (2021) A teaching-learning progression to develop the concept of a substance. *Educació Química EduQ* 28 (en proceso de publicación).
- [13] CAAMAÑO, A. (2021) L'elaboració del concepte de substància química al llarg de l'educació secundària. De les propietats d'una substància a la seva composició i estructura, *Educació Química EduQ* 28 (en proceso de publicación).
- [14] CAAMAÑO, A. y COROMINAS, J. (2020) Modelització macroscòpica dels canvis físics i químics. Un diàleg constant entre observació, interpretació, experimentació i argumentació. *Educació Química EduQ* 27, 19-26.
- [15] CAAMAÑO, A. (2017) Formas y niveles de representación de las reacciones químicas. *Alambique* 90, 8-16.

- [16] RODRÍGUEZ-ARTECHE, I. y MARTÍNEZ-AZNAR, M^a. M. (2019) ¿Qué ocurre en esta reacción? De indagar a modelizar. *Alambique* 97, 27-34.
- [17] CAAMAÑO, A. (2019) La teoría atómico-molecular en secundaria. Modelización progresiva basada en evidencias experimentales. *Alambique* 97, 8-18.
- [18] CAAMAÑO, A. (2018) Los modelos atómicos escolares ¿Recreación de los modelos históricos o creación de modelos propios? *Alambique* 93, 7-17.
- [19] CAAMAÑO, A. (2016) Un enfoque para vencer errores y ambigüedades. Enlace químico y estructura de las sustancias en secundaria. *Alambique* 86, 8-18.
- [20] TABER, K. (2016) Enlace químico y estructura atómico-molecular en secundaria. *Alambique* 86, 19-27.
- [21] PINTO, G. (2016) Identificación y comprensión de la estructura y el tipo de enlace. *Alambique* 86, 28-33.
- [22] TALANQUER, V. (2021) ¿Cómo progresan las ideas de los estudiantes sobre las relaciones estructura-propiedades? *Educació Química EduQ* 28 (en proceso de publicación).
- [23] CAAMAÑO, A. (2016) Secuenciación didáctica para el aprendizaje de los modelos de enlace. *Alambique* 86, 39-45.
- [24] CAAMAÑO, A. (2021) Reacciones ácido-base. De las propiedades de los ácidos y las bases al modelo de Arrhenius. *Alambique* 103, 23-30.
- [25] JIMÉNEZ LISO, M.R., LÓPEZ BANET, L. y DILLON, J. (2021) Cambiar la forma de enseñar las reacciones ácido-base. Del modelo de Arrhenius al modelo de Lewis. *Alambique* 103, 31-37.
- [26] TALANQUER, V. (2021) Reacciones redox. De la transferencia de carga eléctrica en pilas a las reacciones de oxidación-reducción. *Alambique* 103, 38-44.
- [27] GUITART, F. y LUPIÓN, T. (2021) Formación de precipitados y reacciones de precipitación. Estrategias de contextualización y de modelización. *Alambique* 103, 45-50.
- [28] COROMINAS, J. (2017) Reacciones químicas de la vida cotidiana, *Alambique* 90, 17-26.
- [29] PINTO, G. y PROLONGO, M. (2020) Experiencias prácticas para el aprendizaje de las reacciones químicas. *Educació Química EduQ* 27, 49-55.
- [30] CAAMAÑO, A. (2011) Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique* 69, 21-34.

SEMINARIOS QUE TRASCIENDEN FUERA DEL AULA Y DEL CURSO ACADÉMICO: UNA OPORTUNIDAD PARA PRACTICAR LA PROFESIÓN DE CIENTÍFICO

Julia Carracedo Añón¹, María Dolores Marrodán Serrano²

¹ Departamento de Genética, Fisiología y Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, (España). julcar01@ucm.es

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

Dirección de correspondencia: julcar01@ucm.es

Palabras clave: congreso científico; divulgación; innovación docente; trabajo en equipo; tutoría

Keywords: scientific congress; diffusion; teaching innovation; team work; mentoring.

Resumen

La incorporación de actividades profesionales en el máster universitario puede servir de motivación para los estudiantes, y enseñar estrategias para su futuro. Realizamos una experiencia dirigida a la divulgación científica del trabajo de seminarios de una asignatura, para motivar a nuestros alumnos a realizar un esfuerzo adicional en la elaboración y presentación de estos trabajos. Los alumnos destacaron en sus habilidades de presentación oral, pero su capacidad para la redacción de manuscritos en una primera fase fue insuficiente, requiriendo un esfuerzo posterior de mejora. Una buena evaluación de la asignatura resaltó la buena aceptación por parte de los alumnos.

Abstract

The incorporation of professional activities in the university master's degree can serve as motivation for students and teach strategies for their future. We performed an experience aimed at the scientific diffusion of the seminar work, in order to motivate our students to make an increased effort in the elaboration of these works. The students excelled in their oral presentation, but their ability to write was insufficient. They required further effort to improve the manuscripts. A good evaluation of the course highlighted the good acceptance by the students.

INTRODUCCIÓN

Después de la obtención del grado universitario, los estudios de máster universitario ofrecen a los estudiantes numerosas posibilidades de elección dirigidas hacia la especialización profesional. Dependiendo del tipo de Máster Universitario, su realización puede servir para orientarlos hacia un futuro concreto y dirigido. El alumno puede encontrar una variedad de opciones que quizás no hubiera previsto durante sus estudios de grado y que le pueden abrir nuevos horizontes hacia la elección profesional que encaje con sus capacidades y prefe-

rencias. En este sentido, el profesor de un máster universitario tiene la oportunidad de identificar entre sus alumnos características diferentes, y orientarlos hacia campos donde puedan desarrollarse de manera óptima. Puede ser el momento de alentar vocaciones científicas, tecnológicas, empresariales...; en pocas palabras, identificar el talento entre sus discípulos.

Los alumnos cuando entran en un máster universitario pueden tener una idea bastante clara sobre sus intereses, y diferenciar lo que les gusta y lo que se les da bien, pero pueden necesitar enfocar sus capacidades hacia un futuro profesional todavía incierto.

En el desarrollo de la docencia en esta etapa de postgrado puede ser tan importante impartir conocimientos como enseñar cuáles pueden ser las actividades que de forma habitual van a desempeñar los estudiantes en su futuro profesional. Por lo general el alumnado está acostumbrado a asimilar muchos contenidos, dedicar muchas horas al estudio, pero en la mayor parte de los casos no han tenido la oportunidad de conectar con el mundo laboral real. Esta circunstancia es especialmente relevante en relación con los aspectos académicos y científicos. Solo un pequeño número de alumnos ha tenido la oportunidad de realizar prácticas externas o su trabajo de fin de grado (TFG), de forma plena en un laboratorio de investigación y habitualmente la experiencia ha sido breve y en muchas ocasiones no ha culminado con la participación en la divulgación de los trabajos. Se trata entonces de entrar en contacto con situaciones, reales o simuladas, que les permitan conocer algunos de los aspectos ligados a la actividad normal, pero relevante, de un profesional, como es la divulgación del conocimiento. Acercarlos a estas actividades y conocer los procedimientos puede ser de utilidad para resaltar la importancia de incluirlos entre sus objetivos profesionales futuros, se dediquen a lo que se dediquen.

Este trabajo recoge la experiencia realizada en el grupo de alumnos de la asignatura de Nutrición y Salud del Máster Universitario de Biología Sanitaria de la Universidad Complutense de Madrid. Nos propusimos como objetivo principal realizar una experiencia de profesionalización dirigida a la divulgación del trabajo científico realizado en los seminarios de una asignatura de máster universitario. Como objetivo secundario, se planteó enseñar a valorar de forma crítica la calidad y el rigor científico de los trabajos.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Grupo de estudio y dedicación

El número de alumnos matriculados en el curso académico 2018-2019 fue de 25, 8 hombres y 17 mujeres, con edades comprendidas entre 22-30 años. Se dividieron en 9 grupos de 2-3 personas.

Participaron dos profesoras como tutoras de los trabajos.

Se dedicaron 6 horas de trabajo presencial a la actividad de seminarios, 3 de las cuales se dedicaron a la exposición de los trabajos, y las demás a trabajar el seminario bajo supervisión de los profesores. Se realizaron tutorías presenciales y a través del correo electrónico, tantas como fueron necesarias.

Modalidades de los trabajos de seminario

Se ofertaron varias modalidades para los trabajos. Todos ellos son actividades comunes en el ambiente académico-científico:

- Revisión o actualización bibliográfica sobre temas propuestos por el profesor. Se ofertaron 10 temas relacionados con los contenidos docentes de la asignatura, de elevado interés y actualidad. En tutorías independientes, se ofertó al alumnado ayuda individualizada mostrándoles las fuentes bibliográficas habituales y dando soporte para la organización del trabajo.
- Revisión crítica de un artículo publicado. Se proporcionaron diversas publicaciones relacionadas con la asignatura. Los alumnos debían elegir una de ellas y realizar un análisis de los aspectos recogidos en la **Tabla I**.
- Trabajo original. Utilizando los datos facilitados por los profesores (bases de datos experimentales de estudios realizados previamente) se ofertó la opción de realizar un estudio analítico de tipo estadístico. Esta actividad en particular se complementó con la consulta de bibliografía especializada para conocer

antecedentes y estado del conocimiento sobre el tema actualizado. Este tipo de trabajo va enfocado a enseñar cómo se realiza la explotación de las bases de datos utilizando pruebas estadísticas apropiadas para cada estudio.

Tabla 1. Criterios para la revisión crítica de un artículo científico

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
Indicadores de calidad de la revista	Índice de impacto JCR. Cuartil que ocupa en el área de conocimiento. Otros indicadores bibliométricos. Número de citas.
Resumen y palabras clave	Indicar: Si el resumen presenta resultados que pudieran ser citados sin acceder al artículo completo. Adecuación al contenido completo. Las palabras clave están o no contempladas en el título.
Consideraciones éticas	Comités éticos, consentimiento informado, conflicto de intereses...
Antecedentes	Decir si los contenidos llevan a la hipótesis, cuál es esta y si los objetivos se relacionan con ella.
Metodología	Diseño del estudio. Tipo de estudio (descriptivo, prospectivo, ensayo clínico, de cohortes, caso control). Tamaño muestral y área geográfica estudiada. Parámetros recogidos. Procesamiento estadístico de los datos (tipo de prueba y su pertinencia).
Resultados	Comentar si están claramente expuestos, si son redundantes (en tablas y gráficas por ejemplo). Comentar si las tablas pueden interpretarse de manera aislada.
Discusión	Comprobar si contempla bibliografía actualizada sobre el tema y si está bien ordenada y trata aspectos relevantes de los resultados.
Conclusiones	Comentar si las contribuciones del estudio son originales y suponen un avance del conocimiento.
Otros aspectos a considerar	Comprobar si los autores comentan limitaciones al estudio y propuestas de nuevos trabajos que avancen sobre lo publicado.

Formato del trabajo escrito

La necesidad de exigir este criterio va encaminada a establecer la disciplina de acogerse a normas de publicación previamente establecidas, lo que es habitual en la publicación profesional. La extensión, formato de edición, y otros aspectos suelen venir preestablecidos por las diferentes editoriales. Seguir las normas ayuda a los alumnos a entender la importancia de ser rigurosos en los aspectos de formalidad y, además, facilita ordenar bien las ideas y desarrollar la capacidad de síntesis.

El formato incluido en nuestra normativa es bastante común y consta de apartados para elaborar un documento de trabajo científico (Tabla 2).

Tabla 2. Normativa para la elaboración de los trabajos

Título	En castellano e inglés, máximo 15 palabras, centrado, Calibri 14, negrita.
Autores	Nombre y apellidos, centrado, Calibri 11. Incluir correo electrónico al final, entre paréntesis.
Resumen	300 palabras, justificado, Calibri 11 e interlineado sencillo.
Palabras clave	En castellano, máximo 5 palabras que deberán atenerse al contenido del trabajo.
Extensión	No debe exceder de 5 páginas.
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajos originales, el texto se estructurará en: Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones, Agradecimientos (si fueran necesarios) y Bibliografía. • Trabajos de revisión NO requerirán los apartados de Material y Métodos ni de Resultados.

Tutorías de apoyo a la preparación de los trabajos

En las tutorías, se realizó una conexión personal y directa con los alumnos, las profesoras aportaron el apoyo necesario para que el trabajo se realizase de forma óptima. Las tutorías se realizaron con presencia física o a través de consultas en línea.

Presentación de los trabajos

La presentación de los trabajos se realizó en una jornada única, con 3 horas de duración. Cada grupo de alumnos preparó y utilizó una presentación de PowerPoint como ayuda a la exposición oral durante 10-15 minutos, seguida de una discusión en la que todo el grupo de clase pudo participar haciendo comentarios y preguntas.

Evaluación

La evaluación de los seminarios se realizó siguiendo las directrices recogidas en la guía docente [1], donde se establece que supone un 20 % de la nota final. En ella se utilizó la media aritmética obtenida entre la exposición oral y el trabajo escrito.

Divulgación de los trabajos

Se planteó el siguiente aspecto como uno de los puntos clave para esta experiencia docente: los trabajos que consigan una buena calificación se seleccionan para su divulgación. Sin embargo, no se consideró esta actividad puntuable para la evaluación, pero a nuestro entender fue un incentivo adicional para realizar un esfuerzo por parte de los alumnos. Entre estas actividades se ofrecieron varias opciones posibles:

- Presentación de una comunicación a un congreso científico: póster, oral. El trabajo se realizó con la fecha del curso académico. Se intentó participar en el mismo curso académico o bien, en el año siguiente en diferentes jornadas o congresos del área de Nutrición.
- Publicación en revistas científicas: Revista de Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria, u otras (dependiendo de la calidad del trabajo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los seminarios son trabajos que incluyen un intenso estudio de un tema. Normalmente se realizan como un trabajo en equipo en grupos de alumnos tutorizados. Incluyen diversas modalidades: debates, trabajos de revisión, presentaciones orales y otras tareas. Los grupos suelen (y deben) ser pequeños para que los estudiantes y el profesorado puedan interactuar mejor [2].

Nuestra oferta de seminarios para la asignatura de Nutrición y Salud es extensa, los trabajos varían desde la ejecución de un trabajo experimental a la realización de un trabajo de revisión bibliográfica. Este último, es el formato de seminarios habitual y es al que nuestros alumnos suelen estar habituados, ya que durante sus estudios de grado lo han realizado con bastante regularidad. Además, se les ofrece como opción realizar un trabajo crítico de un manuscrito, lo cual aporta experiencia sobre la capacidad de establecer los criterios de calidad y adecuada ejecución de un trabajo científico aprendiendo aquellos aspectos formales y cuantificables en un documento de este tipo. En este sentido se incorporan aspectos relacionados con la calidad de los trabajos, cuáles y cómo se pueden calcular. Estos indicadores son todavía desconocidos para un gran número de nuestros alumnos. Por lo tanto, se implementó esta actividad ante la necesidad de utilizar nuevas herramientas innovadoras, necesarias en el ambiente universitario [3,4].

En la preparación del seminario el profesor tutela, facilitando la correcta ejecución del trabajo. Los grupos se reúnen varias veces durante la preparación del trabajo y son ellos los que lo dirigen realmente. Los estudiantes aprenden unos de otros. Hay que considerar que proceden de diferentes universidades, algunos tienen experiencia laboral y pueden aportar nuevas perspectivas y experiencias personales, enriqueciendo de manera cualitativa y cuantitativa la experiencia de aprendizaje.

En nuestro caso, hemos incentivado el trabajo en equipo y valorado la presentación oral en grupo y la capacidad de discusión. El trabajo realizado supone de forma global una excelente preparación para estar de pie frente a un auditorio, salvando barreras importantes como el miedo escénico, no siempre considerado en su justa dimensión. Además, se exige un material escrito con una calidad elevada.

En relación con la modalidad de trabajo, de los 9 grupos de estudiantes 3 eligieron hacer una revisión o actualización bibliográfica. 6 grupos prefirieron realizar un trabajo original. Ninguno de los grupos optó por una revisión crítica de un artículo científico (**Tabla 3**).

La modalidad de seminarios de revisión permite introducir y ampliar temas relacionados con los impartidos durante el curso, y sirve para ayudar a los estudiantes a obtener nuevas ideas, pero también a introducirse con mayor profundidad en temas de actualidad que les interesen especialmente. Es cierto que también en la modalidad de trabajo original, los alumnos necesitaron hacer una revisión bibliográfica profunda relacionada con el trabajo ejecutado, actualizando los conocimientos sobre el tema publicados en las bases de datos bibliográficas. Este tipo de trabajos incorpora otros aprendizajes complementarios, de gran valor didáctico, como es el manejo y conocimiento de la estadística necesaria para obtener los resultados.

Los trabajos originales alcanzaron las mejores puntuaciones en el proceso de evaluación (**Tabla 3**), tanto en la exposición oral como en el trabajo escrito.

Tabla 3. Resultados obtenidos en los seminarios según la modalidad

Modalidad del trabajo	Nota obtenida (media \pm desviación estándar)	Trabajos presentados en congresos	
		2019	2020 (previsión)
Trabajos originales	8,8 \pm 0,9	1/6	4/6
Trabajos de revisión	7,4 \pm 0,5	1/3	2/3
Curso completo	8,3 \pm 1,0	2/9	6/9

Las exposiciones orales en general fueron adecuadas. Los alumnos habían preparado bien sus presentaciones, repartido el trabajo equitativamente entre los componentes del grupo y, de forma general, respondieron correctamente a las preguntas en la discusión del trabajo.

Sin embargo, los documentos escritos, si bien eran suficientes para el nivel esperado para aprobar la asignatura, no obtuvieron a nuestro criterio una calidad suficiente como para enviarse para su divulgación. Actuamos

en este caso las profesoras como revisoras por pares como es habitual en el medio científico, suponiendo una primera barrera para alcanzar la calidad suficiente. Todos ellos necesitaron una segunda ronda de correcciones y de estos, solo dos nos parecieron adecuados finalmente para enviarlos a congresos o jornadas. Uno de ellos fue presentado en forma de póster en el XIII Congreso Internacional de Alimentación y Nutrición celebrado en 2019. El otro trabajo se presentó en las Jornadas de Salud y Género, obteniendo un premio por su póster.

En este sentido seguimos trabajando en la actualidad con los alumnos para mejorar sus trabajos. En el curso académico 2019-2020, 4 de los grupos, aunque no con todos sus componentes, mostraron interés para seguir trabajando y tener la opción de divulgar sus trabajos. Los resultados preliminares de nuestro estudio fueron divulgados previamente [5].

El reconocimiento del grupo de alumnos fue claramente satisfactorio y se refleja en una buena valoración tanto de la asignatura, como de las profesoras que han participado en ella.

CONCLUSIONES

Consideramos que durante la docencia en máster universitario el docente tiene la oportunidad de enseñar experiencias profesionales, como la forma de realizar divulgación científica. Nuestra actividad docente ha mostrado que en nuestro grupo de alumnos la redacción de manuscritos tiene un importante margen de mejora. Sin embargo, destacaron sus habilidades para la expresión oral y la capacidad para preparar las presentaciones.

Nuestra intención ha sido fundamentalmente estimular a los alumnos para que tengan mayor interés por la asignatura y, sobre todo, para iniciarlos en aquellas actividades que muy probablemente van a formar parte de su vida cotidiana como científicos, elijan la situación laboral que elijan.

La experiencia ha resultado muy alentadora y pensamos que los alumnos han tenido una buena oportunidad para mejorar su experiencia introduciéndose en el campo de la divulgación científica. Creemos que se trata de una interesante oportunidad de poder aprender con su propia experiencia, y que esta experiencia sea el estímulo que necesiten para introducir la actividad de divulgación del conocimiento en su futura vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Innova-Docentia UCM, nº Exp 152/2020.

A los alumnos del curso 2018-2019 de la asignatura de Nutrición y Salud del Máster Universitario de Biología Sanitaria de la UCM.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Guía docente de la asignatura de Nutrición y Salud para el curso 2018-2019. Máster Universitario en Biología Sanitaria. Universidad Complutense de Madrid. [En línea], disponible en: <https://www.ucm.es/biologiasanitaria/guias-docentes>
- [2] HUBER, G. L. (2012) Aprendizaje activo por cooperación en equipos pequeños. [En línea], disponible en: http://metaaccion.com/descargas/practico_26_Aprendizaje_activo_por_cooperacion_en_equipos_pequenos.pdf.
- [3] TEJADA, J. (2002). El docente universitario ante los nuevos escenarios: implicaciones para la innovación docente. *Acción Pedagógica*, 11, 2, 30-42.
- [4] Aprendizaje-Servicio e innovación en la universidad (2016). Editores Miguel Anxo Santos Rego, Alexandre Sotelino Losada, and Mar Lorenzo Moledo. Universidad de Santiago de Compostela

- [5]** CARRACEDO J, MARRODÁN, M.D. (2019). El trabajo en seminarios de posgrado: Una experiencia hacia la profesionalización. Proceedings 4º Congreso Virtual Internacional de Educación, Innovación y TIC, EDUNOVATIC2019. REDINE, Red de Investigación e Innovación Educativa, editorial Adaya Press, 2019. con ISBN 978-84-09-19568-8. ID#S2B.29.

ACCIONES PARA FAVORECER EL APRENDIZAJE Y LA MOTIVACIÓN EN ASIGNATURAS DE BIOQUÍMICA

Isabel Carrero Ayuso

Dpto. de Bioquímica y Biología molecular y Fisiología, UVa-Campus de Soria, 42004 Soria (España)

Dirección de correspondencia: icarrero@bio.uva.es

Palabras clave: aprendizaje; motivación; actualización metodológica; herramientas pedagógicas.

Keywords: learning; motivation; methodology update; educational tools.

Resumen

A lo largo de varios cursos se han desarrollado acciones encaminadas a contrarrestar los déficits de conocimiento de contenidos de Bioquímica y los bajos resultados académicos en esta materia para estudiantes de dos Grados en Ingeniería. Los tests realizados muestran que, aunque la percepción de los estudiantes sobre las estrategias aplicadas y su autopercepción sobre la forma en que trabajan y abordan su papel de “estudiante”, son bastante positivas, los resultados no reflejan mejoras en los resultados académicos. El enfoque para el futuro es buscar y aplicar nuevas estrategias y enfoques para incrementar la implicación del alumnado.

Abstract

Over several academic years, different activities have been put in practice directed to reduce the lack of basic concepts in Biochemistry and the poor academic results in this subject for students pursuing two Degrees in Engineering. The students' opinions about the strategies used, and their view about the way they behave as “students”, were positive. However, the academic results didn't show apparent improvements. The future approach is to search for and apply new and more effective strategies to increase the students' involvement.

INTRODUCCIÓN

Los contenidos de Bioquímica pueden ser difíciles de abordar tanto para aquellos estudiantes universitarios con carencias de formación de partida como para los que, aun sin tantas carencias, no sean capaces de valorar la importancia que estos conocimientos pueden tener en su formación y hasta en su futura profesión.

Con el fin de luchar contra ambos obstáculos, a lo largo de varios cursos (desde 2015/16 a 2019/20) se han ido desarrollando, probando y combinando estrategias para hacer más llevadera y atrayente esta materia en los primeros cursos de tres Grados diferentes de la Universidad de Valladolid (UVa) que se imparten en el Campus de Soria, dos de Ingenierías (Forestal más Agraria y Energética), para los que la asignatura se imparte de forma conjunta, y uno de Ciencias de la Salud (Enfermería), que, en ocasiones, se utiliza como grupo de comparación ya que el principal objetivo de las acciones desarrolladas son los estudiantes de Ingenierías, cuya tasa de éxito académico es baja. Se destaca que, en ninguno de los casos, los estudiantes de los Grados a los que se dirigen las acciones se van a graduar como profesionales especializados en el ámbito de la Bioquímica.

Algunas características destacadas de los grupos de estudiantes son:

- Ingenierías: cincuenta plazas anuales de nuevo ingreso (veinticinco para cada uno de los Grados); nota de corte en la entrada: 5 (independientemente del grupo de entrada). En los cursos considerados: matrícula media de treinta y seis estudiantes, con una media de veintidós nuevos. De los matriculados, una media de cinco mujeres por curso.
- Enfermería: sesenta plazas anuales de nuevo ingreso; nota de corte en la entrada: 10,752 (PAEU), 8,115 (titulados), 5,00 para el resto de grupos (datos del curso 2020/21, con valores no muy diferentes en cursos previos). En los cursos considerados: matrícula media de setenta y un estudiantes, con una media de sesenta nuevos. De los matriculados, una media de once hombres por curso.

En cuanto a las asignaturas que se imparten se trata de:

- Un bloque de Bioquímica de 4 ECTS que forma parte de una asignatura anual, Biología, de 10 ECTS. El bloque de Bioquímica se imparte en el primer cuatrimestre del primer curso de las Ingenierías.
- Una asignatura cuatrimestral de 4,5 ECTS, denominada “Bioquímica y Biofísica”, que se imparte en el primer cuatrimestre para el primer curso del Grado en Enfermería.

OBJETIVOS

Los objetivos que se plantearon fueron:

- Aplicar nuevas propuestas metodológicas para la enseñanza de la Bioquímica.
- Actualizar las herramientas pedagógicas utilizadas cotidianamente.
- Estimular la motivación de los estudiantes.
- Incrementar el compromiso personal de los estudiantes en su aprendizaje.
- Facilitar la adquisición de competencias transversales y específicas ligadas al conocimiento de la Bioquímica.

MATERIAL Y MÉTODOS

A lo largo de los cursos considerados, las carencias de formación se han tratado de subsanar mediante acciones más generales enfocadas a favorecer el aprendizaje colaborativo y a incrementar la implicación y la motivación de los estudiantes, y con acciones específicas (y más puntuales, en función de los años) centradas en los aspectos ya comentados de las carencias de formación y la falta de interés. Las acciones desarrolladas en los cursos 2016/17 y 2017/18 fueron realizadas bajo los “Proyectos de Innovación Docente (PID) de la UVa”, los PID 16-17_025 y PID 17-18_028, ambos de carácter individual.

1. Las acciones generales tuvieron dos vertientes:

- La realización de trabajos y actividades de grupo realizadas mayoritariamente en clase (pero con alguna derivación puntual fuera de clase), con vistas a favorecer el aprendizaje colaborativo.
- La transmisión de la utilidad del aprendizaje y la generación de expectativas de éxito relacionadas con la dedicación a la asignatura [1], con el fin de conseguir una mayor implicación de los estudiantes.

2. Por su parte, las acciones específicas encaminadas a contrarrestar carencias de formación se enfocaron de la siguiente manera:

- Establecimiento de la figura del estudiante mentor (curso 2015/16), inspirado en el modelo descrito en Castro Mejías y col. [2].
- Uso de los “apuntes tutelados” (cursos 2016/17 y 2017/18), según lo descrito en Villalobos Alonso y Pérez Barreiro [3].
- Empleo de sistemas de autoevaluación (“de rutina”).
- Fomento de las tutorías tanto individuales como colectivas (“de rutina”).

3. Las acciones específicas encaminadas a contrarrestar la falta de interés fueron:

- Aproximaciones a la clase invertida –FC, siglas del inglés– (algunas acciones puntuales desde 2017/18).
- Estrategia BYOD –Bring Your Own Device– (habitual, y se incrementa cada curso).
- Gamificación con y sin TIC –Tecnologías de la información y la comunicación– (habitual, y se incrementa cada curso).
- Correlación de contenidos de la materia con aspectos cotidianos y de actualidad (“de rutina”).

Para la valoración de distintos aspectos se utilizaron cuestionarios, en ocasiones preparados *ad hoc*, en otras ya establecidos, como varios cuestionarios elaborados por el Servicio de Atención Psicológica y Psicopedagógica (SAP) de la Universidad de Cádiz (UCA); estos cuestionarios sirvieron para tener una autovaloración “interna” ya que, con ellos, los estudiantes valoran su forma de enfrentarse o abordar diferentes componentes del proceso de enseñanza-aprendizaje. Para la valoración de la profesora por parte de los estudiantes, se utilizaron resultados de la encuesta de docencia de la propia UVA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se ha indicado en la parte de metodología, con el fin de alcanzar los objetivos planteados, se desarrollaron acciones generales y acciones específicas. Algunas tuvieron una implantación muy puntual, casos de los estudiantes mentores (solo se aplicó un curso) o de los apuntes tutelados (dos cursos), por sus aspectos “negativos” que se recogen en la **Tabla I**, mientras que otras acciones se han usado habitualmente o se han mantenido una vez se incorporaron a la práctica docente. En la Tabla I se recogen las ventajas y los inconvenientes, o dificultades, más destacados para cada una de las acciones desarrolladas en función de la experiencia con ellas.

Tabla I. Ventajas e inconvenientes de las acciones desarrolladas

Acción desarrollada	Ventajas	Inconvenientes
Acciones generales		
Favorecer el aprendizaje colaborativo	<ul style="list-style-type: none"> – Mejora en las habilidades sociales e interpersonales – Disminución de la presión individual – Desarrollo de cualidades de liderazgo – Valoración de “lo diferente” 	<ul style="list-style-type: none"> – Estudiantes que no se implican o que se aprovechan del trabajo del grupo
Tratar de incrementar la implicación personal de los estudiantes	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento del compromiso personal – Actitud más positiva ante la materia – Mayor interés 	<ul style="list-style-type: none"> – Falta de motivación intrínseca de los estudiantes – Mayor esfuerzo y necesidad de que este sea continuo
Acciones específicas contra las carencias de formación		
Estudiantes mentores	<ul style="list-style-type: none"> – Cercanía y confianza entre estudiantes y mentor – Refuerzo del propio aprendizaje para el mentor 	<ul style="list-style-type: none"> – Trabajo adicional y exceso de responsabilidad para el mentor
Apuntes tutelados	<ul style="list-style-type: none"> – Refuerzo de la importancia de trabajar el material propio – Corrección “inmediata” de fallos conceptuales 	<ul style="list-style-type: none"> – Trabajo adicional para la profesora – Limitaciones temporales – Aplicable a un número limitado de estudiantes

Continúa Tabla I en página siguiente

Acciones específicas contra las carencias de formación		
Sistemas de autoevaluación (tipo test)	<ul style="list-style-type: none"> – Favorecimiento del aprendizaje autónomo – Retroalimentación rápida (incluso, inmediata) – Fácil seguimiento por parte de la profesora 	<ul style="list-style-type: none"> – En ocasiones, el tiempo de preparación – No se favorecen la redacción ni la argumentación
Tutorías	<ul style="list-style-type: none"> – Atención individualizada o sobre aspectos específicos 	<ul style="list-style-type: none"> – En general, escasa respuesta y aprovechamiento por parte de los estudiantes
Acciones específicas contra la falta de interés		
Aproximaciones a la FC	<ul style="list-style-type: none"> – NV 	<ul style="list-style-type: none"> – NV
Estrategia BYOD	<ul style="list-style-type: none"> – Aprovechamiento <i>in situ</i> de teléfonos móviles, tabletas u ordenadores personales – Dinamización de las clases – Acercamiento al mundo digital 	<ul style="list-style-type: none"> – Posible descontrol – Según los casos, uso de fuentes de consulta poco fiables
Gamificación (con y sin TIC)	<ul style="list-style-type: none"> – Clases más dinámicas – Aumento de la implicación de los estudiantes 	<ul style="list-style-type: none"> – Trabajo de preparación y planificación – Necesidad de: <ul style="list-style-type: none"> ● Dominio de las TIC ● Diseño adecuado acorde a los objetivos de aprendizaje
Correlación de contenidos con aspectos cotidianos	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento de la percepción de la utilidad y el atractivo de la asignatura 	<ul style="list-style-type: none"> – Ninguna

Abreviaturas usadas: **BYOD**, *bring your own device*; **FC**, *flipped class*; **NV**, *no valorable*; **TIC**, *Tecnologías de la información y la comunicación*.

Para valorar el resultado de las distintas acciones, se utilizaron cuestionarios de Google expresamente preparados para ello en los cursos en los que se disfrutó de los PID de la UVa, y con distintos enfoques según el curso. Como ejemplo, la Tabla 2 recoge algunos de los aspectos más representativos de las cuestiones relacionadas con la asistencia a tutorías.

Tabla 2. Aspectos cuali- y cuantitativos sobre la asistencia a tutorías por parte de los estudiantes de Ingenierías durante los cursos 2016/17 y 2017/18 según la información recogida en cuestionarios preparados específicamente para sendos PID de la UVa.

PID 16-17_025
Explicaciones de los estudiantes que NO acudieron a tutorías
<ul style="list-style-type: none"> - Esta asignatura no me motiva nada y la veo muy pesada - Falta de organización - Falta de tiempo y dedicación a las materias del segundo cuatrimestre - Sigue quedando mucho para ese examen
Explicaciones de los estudiantes que SÍ acudieron a tutorías
<ul style="list-style-type: none"> - Es algo más individual y específico - Para no dejarlo “aparcado” y enterarme mejor - Porque necesito entender la asignatura

Continúa Tabla 2 en página siguiente

PID 17-18_018 (aspectos cuantitativos sobre la asistencia a tutorías)

CUESTIONARIO 1 (realizado en el 1.º cuatrimestre)

El 23% Sí había utilizado las tutorías de forma voluntaria —en este caso, la valoración de su utilidad tuvo una nota media de 3,3 en escala de 1 a 4—

CUESTIONARIO 2 (realizado en el 2.º cuatrimestre)

El 53% Sí había asistido a tutorías en el 2.º cuatrimestre

El 71% de los que no habían superado el parcial de la asignatura indicó que lamentaban no haber asistido a tutorías en su momento

Los datos de asistencia a tutorías se ejemplifican con valores del curso 2017/18. En el caso de Ingenierías se tuvo una asistencia de veintiséis estudiantes en mayo, frente a máximos de tres en meses anteriores, y en el de Enfermería, de nueve estudiantes en diciembre, frente a máximos también de tres estudiantes asistentes en meses previos. Estos datos reflejan que, tanto para los estudiantes de Ingenierías como para los de Enfermería, la asistencia se concentró en momentos anteriores a la fecha de examen (junio para Ingenierías, por tratarse de una asignatura anual, y diciembre para Enfermería, por tratarse de una asignatura cuatrimestral).

El cuestionario de la UCA sobre el “Trabajo en equipo” [4] aporta información sobre tres aspectos que se valoran, de 1 a 5, a través de dieciocho cuestiones: i) grado de preocupación por crear un buen ambiente de trabajo, ii) grado de implicación en la planificación y el desarrollo del trabajo en equipo, iii) habilidades y competencias personales para el trabajo en equipo. La interpretación de los resultados indica que «Si tu puntuación es superior a 4 puntos, tus habilidades y/o competencias de trabajo en equipo son adecuadas.». Los datos medios que obtuvo el grupo de estudiantes de Ingenierías en el curso 2017/18 fueron bastante positivos (entre 3,3, para el “grado de implicación en la planificación y el desarrollo del trabajo en equipo”, y 3,9, para las “habilidades y competencias personales para el trabajo en equipo”) pero no superaron los cuatro puntos, por lo que la dinámica de trabajo en equipo no llegó a ser totalmente adecuada.

El cuestionario sobre “Tomar apuntes” [5] está formado por diez cuestiones que se responden con verdadero (V) o falso (F). La interpretación dice que «Si alguna de tus respuestas al cuestionario anterior es F, debes plantearte una mejora en tus estrategias para tomar apuntes.». La Figura 1 muestra los resultados medios para las Ingenierías en dos cursos diferentes; los datos se obtuvieron tras haber otorgado un valor de 1 a las respuestas “V” y de 0 a las “F”. En algunos casos hay valores muy diferentes entre los dos cursos, en otros hay más similitud. Solo una de las cuestiones alcanza del valor de 1 y otras dos superan el 0,8 en los dos cursos; en función de esto, la dinámica de toma de apuntes de los estudiantes es bastante mejorable.

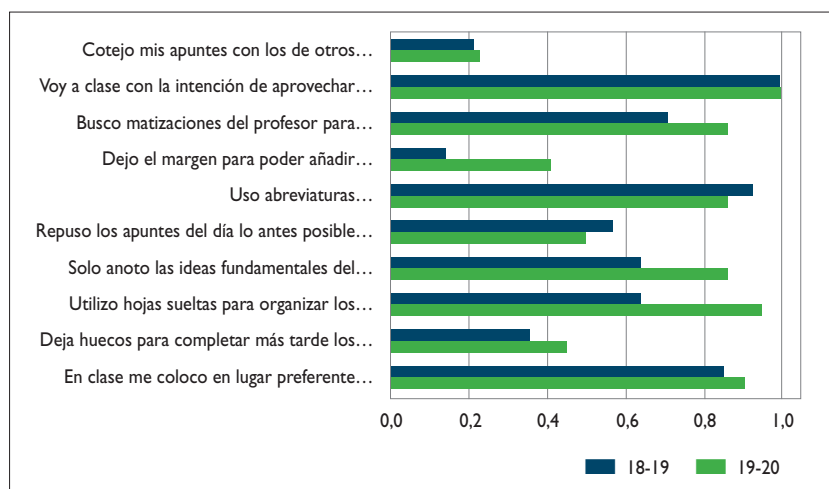


Figura 1. Datos medios obtenidos para estudiantes de Ingenierías en dos cursos académicos al cumplimentar el cuestionario UCA sobre “Trabajo en equipo”.

El cuestionario UCA sobre “Técnicas de estudio” [6] incluye doce ítems que se valoran de 1 a 5 según, respectivamente, el menor o mayor acuerdo con lo que se dice. La información de los doce ítems aporta la valoración sobre cuatro aspectos: i) estrategias generales de estudio, ii) planificación y organización del estudio, iii) espacios y lugares estudio y iv) preparación de exámenes. En la interpretación de los resultados se indica que con menos de 3 puntos hay que mejorar los hábitos y que valores entre 4 y 5 corresponden a técnicas de estudio bastante adecuadas pero que siempre se pueden mejorar. Los valores obtenidos para los estudiantes de Ingenierías de los cursos 2018/19 y 2019/20 fueron bastante en paralelo, la media más alta (por encima de 4) fue para los “Espacios y lugares de estudio” y la más baja (inferior a 3) para la “Planificación y organización del estudio”, lo que también refleja la necesidad de mejora.

En la “Encuesta de docencia de la UVa”, los estudiantes valoraron positivamente a la profesora en los diez ítems que contiene (valoraciones de 3 a 5, para una escala de 5, en el 60-95 % de los casos –con media del 81 % y mediana del 84 %–; datos para los cinco cursos académicos considerados). Curiosamente, esta valoración fue algo superior para los estudiantes de Ingenierías (84 % de acuerdo) que para los de Enfermería (78 %). Esta visión bastante positiva de cómo perciben los estudiantes las acciones y la actividad de la profesora contrasta, en cambio, con los resultados académicos; los resultados medios para varios cursos se muestran en la **Figura 2**. Como se ve, la tasa de estudiantes que supera la materia es claramente superior para los del Grado en Enfermería, sin embargo, la tasa de suspensos no es muy diferente entre este Grado y los de Ingenierías; la gran diferencia la marca la tasa de estudiantes “no presentados” a los exámenes, muy baja en Enfermería, demasiado alta en el otro caso. Para Enfermería se han incluido datos de cinco cursos pero solo de cuatro en el caso de las Ingenierías porque en el primer caso se trata de una asignatura cuatrimestral que se evaluó en enero-febrero de 2020, mientras que en Ingenierías la asignatura es anual y sus exámenes se realizaron en junio de 2020 en confinamiento por la pandemia de COVID-19, lo cual distorsionó mucho los resultados académicos obtenidos.

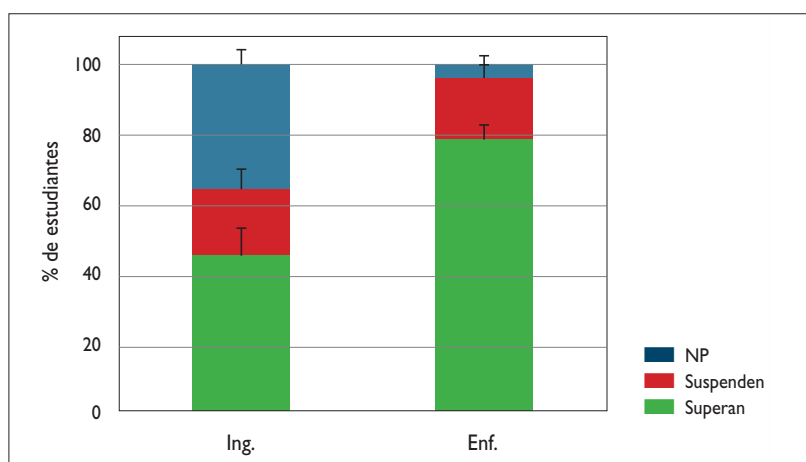


Figura 2. Datos medios \pm desviación estándar (con solo la barra superior) del porcentaje de estudiantes que superan o no la materia, así como de los no presentados (NP), en los cursos 2015/16-2018/19, para Ingenierías (Ing.), y 2015/16-2019/20, para Enfermería (Enf.).

Teniendo en cuenta que, como dicen Ambrose y col. [7], «Learning is not something done to students, but rather something students themselves do», se ha analizado de manera sencilla cómo repercute el trabajo diario en el éxito académico contabilizando las entregas, voluntarias, de unos trabajos estandarizados establecidos desde el principio de la asignatura y viendo si la asiduidad de las entregas se relaciona con el éxito académico. La **Figura 3** muestra los resultados para los Grados de Ingeniería (A) y Enfermería (B). En los dos casos se comprueba que, salvo algunas excepciones, implicarse con la asignatura día a día se relaciona positivamente con su superación.

Aunque alguna de estas gráficas de la **Figura 3** se ha mostrado a los estudiantes al inicio de la asignatura para tratar de concienciarles de la necesidad, y la utilidad, de su trabajo diario, los resultados académicos en el caso de las Ingenierías reflejan que el mensaje no ha calado en todos los estudiantes; la alta tasa de “no presentados” es prueba de ello. Esto tiene la consecuencia de que en la asignatura de los Grados de Inge-

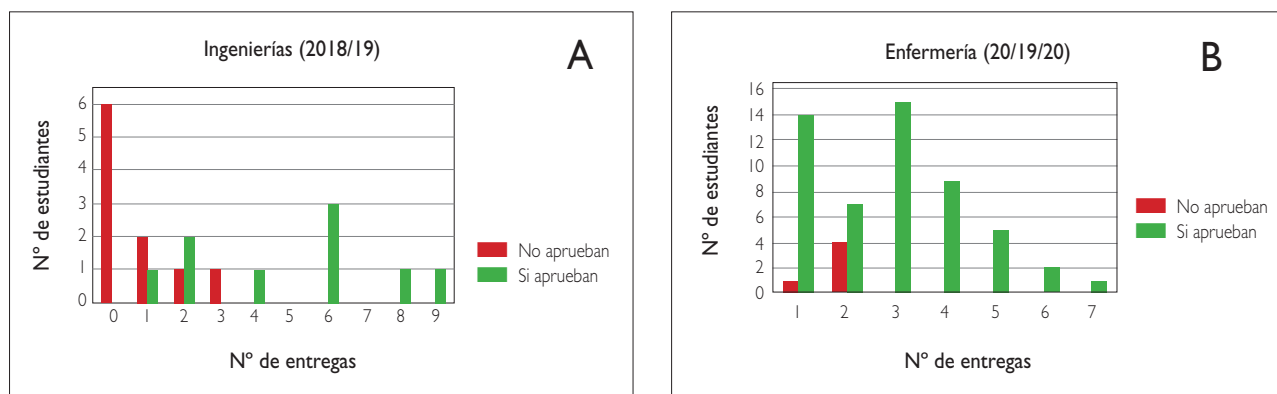


Figura 3. Correlación entre el número de entregas de trabajos y la superación de la materia para Ingenierías (A) y Enfermería (B).

niería hay un alto porcentaje de estudiantes que repiten la asignatura. Estos estudiantes raramente van a clase por lo que no se implican en las acciones emprendidas ni tampoco se benefician de ellas. Según Llanga Vargas y col. [8], los fracasos previos en la superación de la asignatura contribuyen a la desmotivación. Cuando se ha tratado de motivar a los estudiantes para que se impliquen más en la asignatura, este refuerzo a la motivación extrínseca no ha compensado la falta de motivación intrínseca que se da en muchos de los casos y que, en general, va asociada a la falta de base y a la dificultad que se atribuye a la materia.

A la vista de los análisis realizados, se entiende que hay tres puntos posibles de actuación para siguientes cursos: 1) planificar cursos propedéuticos, o “cero”, para compensar las carencias de formación, 2) ayudar a los estudiantes a que mejoren sus herramientas de trabajo (técnicas de estudio y de toma de apuntes, fundamentalmente) y 3) buscar nuevos enfoques para incrementar la motivación de los estudiantes y concentrar ahí gran parte de los esfuerzos. El primero de los abordajes requiere mayor implicación institucional y tiene condicionantes temporales que dificultan su aplicabilidad; los dos siguientes dependen en mayor medida del profesorado con lo que, en principio, son más fácilmente realizables. En estos dos casos, el docente debe ser capaz de dotarse de habilidades que contribuyan a generar interés por la materia, incentivar la participación de los estudiantes, así como el compañerismo y un buen ambiente en el aula, y, sobre todo, detectar las necesidades y los problemas que puedan tener los estudiantes a la hora de estudiar [8], con ello contribuirá en mayor medida a aumentar la motivación del alumnado. Incidir en algunos aspectos menos trabajados hasta el momento del listado recogido en Prieto [9] (Tabla 3) puede ser una ayuda para ello. Adicionalmente, trabajar más en la aplicación de la FC, que no se ha utilizado más que muy puntualmente en algún curso de los años considerados, podría ayudar a la consecución de las mejoras buscadas.

Tabla 3. Formas en que el profesorado puede incrementar la motivación de los estudiantes [9].

PID 17-18_018 (aspectos cuantitativos sobre la asistencia a tutorías)

1. Ilusionándoles con el **valor y la utilidad** de los aprendizajes.
2. Haciéndoles **reflexionar** sobre cómo afrontan su aprendizaje y las consecuencias que tiene.
3. Haciéndoles ver que afrontar su **aprendizaje en profundidad** es la clave de su éxito.
4. **Evaluando lo que queremos que aprendan**, premiándolo y comunicándoselo con claridad.
5. Demostrando **nuestro interés en su aprendizaje, mostrando compromiso con ellos y adaptación** a sus intereses y necesidades formativas.
6. **Transfiriéndoles poder de decisión y responsabilidad** sobre su propio aprendizaje.
7. Utilizando la retroalimentación positiva, la **evaluación continua y formativa**.
8. Tratándoles como a **seres humanos individuales**, de modo personalizado.
9. Haciéndoles **sentir** con trabajo en grupo **que forman parte de una comunidad de aprendizaje**.
10. Diseñando **actividades interesantes y desafiantes** para ellos.
11. Demostrando efectos de la actividad en la **calificación** de alumnos de años anteriores.
12. Con testimonios escritos u orales de alumnos de años anteriores que obtuvieron resultados excelentes en la asignatura.

CONCLUSIONES

Los cambios metodológicos y pedagógicos realizados, que, en muchos casos, implicaban actualización en TIC para la profesora, no han permitido subsanar las dificultades de los estudiantes en su aprendizaje. Corresponde buscar y aplicar nuevas estrategias que permitan la consecución de los objetivos deseados incrementando la motivación y la conexión de los estudiantes con la materia.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AMBROSE, S.A., BRIDGES, M.W., DIPIETRO, M., LOVETT, M.C., NORMAN, M.K. (2010) *How Learning Works. Seven research-based principles for smart teaching*. San Francisco (EE. UU.), Jossey-Bass/Wiley, p. 69.
- [2] CASTRO MEJÍAS, R., DURÁN GUERRERO, E., ESPADA BELLIDO, E., FERNÁNDEZ BARBERO, G., GRANADO CASTRO, D., LÓPEZ LÓPEZ, J.A. (2014) Implementación del mentor entre iguales en la asignatura Química. *Proyectos de Innovación y Mejora Docente*. Universidad de Cádiz. [En línea], disponible en: https://indoc.uca.es/articulos/PI_14_068.pdf [Consultado el 08/06/2021].
- [3] VILLALOBOS ALONSO, D., PÉREZ BARREIRO, S. (2015) Consolidación de material de apoyo a las clases teóricas y prácticas de aula: apuntes tutelados. PID1314_025. En: CARDEÑOSO PAYO, V., CORELL ALMUZARA, A. (eds.) *Proyectos de Innovación Docente de la Universidad de Valladolid (UVA). De los años 2013-2014 y 2014-2015*. Valladolid: Área de Formación Permanente e Innovación Docente de la UVA, pp. 67-68. [En línea], disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/18461> [Consultado el 08/06/2021].
- [4] SERVICIO DE ATENCIÓN PSICOLÓGICA Y PSICOPEDAGÓGICA (SAP) DE LA UNIV. DE CÁDIZ. Habilidades para el aprendizaje: Trabajo en equipo. Ficha de orientación. [En línea], disponible en: http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/Servicio_Atencion_Psico/131607268_129201213477.pdf [Consultado el 19/09/2019].
- [5] SERVICIO DE ATENCIÓN PSICOLÓGICA Y PSICOPEDAGÓGICA (SAP) DE LA UNIV. DE CÁDIZ. Habilidades para el aprendizaje: Búsqueda y registro de información: tomar apuntes. Ficha de orientación. [En línea], disponible en: <https://sap.uca.es/wp-content/uploads/2017/03/B%C3%BAsqueda-y-registro-de-la-informaci%C3%B3n.-Tomar-apuntes.pdf?u> [Consultado el 1/06/2021].
- [6] SERVICIO DE ATENCIÓN PSICOLÓGICA Y PSICOPEDAGÓGICA (SAP) DE LA UNIV. DE CÁDIZ. Ficha de orientación: Técnicas de Estudio. [En línea], disponible en: <https://sap.uca.es/wp-content/uploads/2017/05/T%C3%A9cnicas-de-Estudio.pdf?u> [Consultado el 1/06/2021].
- [7] AMBROSE, S.A., BRIDGES, M.W., DIPIETRO, M., LOVETT, M.C., NORMAN, M.K. (2010) *How Learning Works. Seven research-based principles for smart teaching*. San Francisco (EE. UU.), Jossey-Bass/Wiley, p. 3.
- [8] LLANGA VARGAS, E.F., SILVA OCAÑA, M.A., VISTIN REMACHE, J.J. (2019). Motivación extrínseca e intrínseca en el estudiante. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*. [En línea], disponible en: <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/09/motivacion-extrinseca-intrinseca.html> [Consultado el 10/06/2021].
- [9] PRIETO, A. (2020). La piedra filosofal de la educación universitaria: ¿cómo potenciar la motivación del alumno? [En línea], disponible en: <http://profesor3punto0.blogspot.com/2016/09/la-piedra-filosofal-de-la-educacion.html?m=1> [Consultado el 10/06/2021].

FÍSICA CON PAJITAS ECOLÓGICAS

Pablo Cassinello Espinosa¹ y Enric Ramiro Roca²

¹ I.E.S. Diego Velázquez. c/ Instituto 1. 28250 Torrelodones (Madrid). pbcassi@gmail.com

² Universitat Jaume I. Avinguda Sos Baynat s/n 12071 Castelló de la Plana. enricramiroroca@gmail.com

Palabras clave: montaje; motivación; pajita biodegradable; principios física.

Keywords: device; motivation; biodegradable straw; physics principles.

Resumen

Si los alumnos hacen sus propios montajes experimentales aumenta mucho más su motivación e implicación para aprender de forma lúdica distintos conceptos y principios de Física. Por eso, proponemos estos dispositivos prácticos muy sencillos de realizar. En todos ellos se utilizan pajitas (ahora utilizamos sólo 100% biodegradables). Consiguen dinamizar las clases lo que redundará tanto en la aproximación del alumno al docente como en la comprensión de los conceptos. Además contribuyen a cambiar la concepción de que las clases de Física son teóricas y aburridas.

Abstract

If students make their own experimental montages and devices, their motivation and involvement to learn Physics, increases much more. They can learn different concepts and principles of Physics in a playful way. And so, we propose these practical devices that are very simple to make. Straws are used in all of them (now we only use 100% biodegradable). They manage to revitalize Physics classes, which will result both in the student's approach to the teacher and in the understanding of the concepts. They also contribute to change the conception that Physics classes are theoretical and boring.

INTRODUCCIÓN

Hemos comprobado que cuando alumnos y alumnas hacen sus propios montajes experimentales crece exponencialmente su interés. Además aumenta su predisposición para aprender conceptos y leyes de física. Por eso, se sugieren estos montajes prácticos y fáciles de hacer realizados con pajitas totalmente ecológicas. Son de diversos materiales: maíz, trigo, bambú... y son totalmente biodegradables. Además de pajitas se utilizan otros materiales muy baratos y de fácil adquisición. Al alumnado le gusta que estos experimentos no sean complicados, y que sean suyos y que incluso puedan llevárselos. Si se realizan prácticas con material sofisticado o de montaje enrevesado se produce un alejamiento al entorno común del alumnado y se manifiesta una adherencia o implicación personal del estudiante no intensa. Decía Maxwell que: "El valor educativo de un experimento es, a menudo, inversamente proporcional a la complejidad del dispositivo experimental" [1].

Ciertos juguetes ofrecen una enseñanza de la física más rica y estimulante [2]. Todos los dispositivos que sugerimos son pequeños juguetes lúdicos y manipulativos pero que sirven de pequeñas demostraciones de un

principio o una idea de la física. Además, ayudan a clarificar cómo funcionan artilugios tan distintos como un cohete, una chimenea o la máquina de Herón... Según sea el montaje, sirven para ilustrar alguno de los principios de Newton; el teorema de conservación del momento lineal; de conservación del momento angular; teorema de conservación de la carga eléctrica... También, alguno de ellos permite comprobar cómo actúa la presión atmosférica y cómo es el principio de Bernoulli. Igualmente, algunos permiten analizar el principio de conservación de la energía, sirviendo de ejemplo de transferencias entre energía cinética y potencial.

Creemos que con estos montajes divertidos y con muchos colores se cambia la idea de algunos de que las clases de física son teóricas y tediosas. Además, hacer del aprendizaje una experiencia divertida es bueno para profesores y alumnos [3]. También se consigue la complicidad y motivación del alumno en su aprendizaje, además de dinamizar las clases, lo que facilitará tanto la aproximación del docente a los estudiantes como la comprensión del tema [4].

Estos mecanismos prácticos desarrollan la capacidad del alumno de observación y análisis científico. Para ello, de cada uno se puede pedir: a) descripción de lo que se observa, indicando el material y lo que ocurre; b) explicación científica de lo observado; c) dibujo o diagrama del fenómeno, identificando las fuerzas de acción y reacción que intervienen.

A continuación se describe con detalle cada uno de los montajes experimentales explicando los materiales necesarios, detallando cómo es su construcción, qué se puede experimentar y finalmente indicamos qué principio o concepto científico desarrollan. En este enlace <https://youtu.be/gIKP8YwDKYU> está el video en que pueden verse todos los montajes y explicaciones sobre los mismos.

1. LA PAJITA ASPERSORA: EXPLICACIÓN DE LA FUERZA CENTRÍPETA

Materiales que se necesitan

Pajita gruesa; palito largo (que se usa para pinchos morunos); esparadrapo; tijeras; regla.

¿Cómo la construimos?

1. Se dobla la pajita como en la figura, formando un triángulo. 2. En los dobleces a y b se realiza un pequeño corte con unas tijeras. 3. Se perfora el punto medio entre a y b. 4. Se atraviesa el lado central con un palito largo como en la fotografía. 5. Finalmente se fijan con esparadrapo los dos extremos de la pajita al palito.

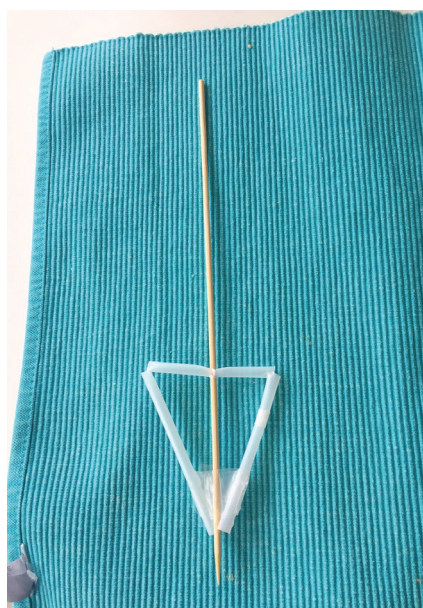


Ilustración 2

¿Qué podemos comprobar?

Se coge un vaso de plástico con agua. Si se gira el dispositivo se observa que se riega en círculo. Se puede girar con una mano o poniendo el palito entre las dos manos y hacer un movimiento de frotación. Cuanto más rápido se hace, se consiguen círculos mayores.

¿Cómo podemos explicar lo que sucede?

Este dispositivo ilustra bien la fuerza centrípeta que permite girar a los objetos en círculo. Dicha fuerza hacia el centro del círculo es proporcionada por el niño o experimentador y se transmite gracias al palito. Cuando hay una fuerza centrípeta y algo gira (en este caso las gotas de agua) tienden a salir por la tangente. Por eso las gotas suben por los lados de la pajita y salen despedidas. Si se observa atentamente una de las gotas se comprueba que la trayectoria que siguen nada más salir del círculo es rectilínea (conservación del momento lineal) en contra de la preconcepción errónea que afirma que siguen con el movimiento circular. Una vez que ha salido cada gota hacia arriba, se ve afectada por la gravedad y por eso realiza un movimiento parabólico. Éste es mayor si la fuerza centrípeta original es más intensa.

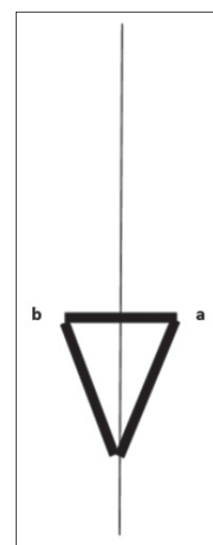


Ilustración 1

2. PAJITAS A REACCIÓN EN ROTACIÓN CIRCULAR

Materiales que se necesitan

2 pajitas finas con fuelle; 1 taco de plástico de diámetro adecuado (para meter tornillo en la pared) que se ajuste a la pajita; tijeras; tenazas o similar.

¿Cómo la construimos?

1. Se cortan un poco las pajitas para que no resulte un dispositivo muy grande y engorroso. 2. En una de ellas se realiza un corte en bisel para poder introducirla en parte en la otra pajita. 3. Se giran hasta colocarse perpendiculares. 4. Se corta la parte final del taco con unas tenazas y se introduce en una de las pajitas para que haga de tope en la pajita por donde se va a soplar.



Ilustración 3

¿Qué podemos experimentar?

Se ponen los labios delante del tope de plástico de la embocadura de la pajita fina. A continuación se sopla permitiendo que las pajitas giren en sentido contrario a la salida del aire.

¿Cómo podemos explicar lo que sucede?

Este dispositivo ilustra el tercer principio de la dinámica de acción y reacción [5]. Al soplar el aire sale finalmente por la pajita colocada perpendicularmente y como consecuencia debe haber una fuerza en sentido contrario sobre la pajita que hace girar al conjunto.

Si las pajitas son más largas giran más despacio. Tengamos presente que la velocidad lineal es aproximadamente igual porque la fuerza con que sale el aire es independiente de la longitud de la pajita. Pero como la velocidad lineal es igual a la velocidad angular por el radio, a mayor radio para una misma velocidad lineal, se cumple que la velocidad angular es menor por lo que las pajitas giran más despacio. Los vehículos a reacción, como los cohetes, funcionan de la misma manera. Los gases salen despedidos en una dirección y como consecuencia el vehículo se mueve en sentido contrario.



Ilustración 4

3. EL HELICÓPTERO: CONSERVACIÓN DEL MOMENTO LINEAL CON PAJITAS

Materiales necesarios

Pajita gruesa; 2 pajitas con fuelle finas; esparadrapo o celo; tijeras; regla.

¿Cómo la construimos?

1. Se introduce un poco la pajita fina con fuelle en la gruesa. Se pone celo o cinta de color para que esté fija y que no salga aire entre la gruesa y la fina. 2. Se dobla el fuelle para que se formen 90 grados. 3. Se corta con tijeras un poco la parte final de la pajita fina y se tapa el extremo con celo o cinta de colores. 4. Se realiza un corte lateral a ese extremo. 5. Se introduce la otra pajita fina en el conjunto pajita fina y gruesa por la parte inferior de la gruesa.

¿Qué podemos comprobar?

Al soplar por la fina se observa que la gruesa con la fina unida se ponen a rotar semejando el movimiento de una de las aspas de un helicóptero. Si soplamos más fuerte además de girar va subiendo.

¿Cómo podemos explicar lo que sucede?

Este dispositivo ilustra bien el tercer principio de la dinámica (de acción y reacción). Al soplar, el aire sale por el agujero del corte lateral y como consecuencia debe haber otra fuerza en sentido contrario sobre la pajita que la hace, finalmente, girar. También se puede explicar por la conservación de la cantidad de movimiento,

porque si el aire se mueve en un sentido, entonces la pajita se debe mover en sentido contrario, para que se cumpla la conservación del momento lineal: En ausencia de fuerzas exteriores sobre el sistema, su momento lineal permanece constante.

4. TERCER PRINCIPIO Y EL MOLINILLO CON BOTELLA DE PLÁSTICO

Materiales necesarios

Pajita gruesa, pajita fina, esparadrapo de color; tijeras, botella de plástico

¿Cómo la construimos?

1. Se realiza un agujero central en la pajita gruesa para que se pueda introducir por ella la pajita fina. Puede hacerse el orificio haciendo dos cortes (o bien, utilizando una perforadora para sólo un agujero). 2. Cada extremo de la pajita gruesa se tapa con cinta de esparadrapo. 3. Ahora se corta una pequeña porción de cada extremo que hemos tapado, en sentido inverso. 4. Se tapa con cinta de esparadrapo un extremo de la pajita fina, de forma que al ponerla dentro de la gruesa no caiga. 5. Se hace un pequeño agujero en la pajita fina, inmediatamente a continuación de la cinta. De esa forma, el agujero quedará dentro de la pajita gruesa y no se verá. 6. Se introduce la pajita fina por el agujero de la gruesa. La cinta de esparadrapo que hemos puesto en la pajita fina hará de tope e impedirá que se caiga. 7. Si por el otro extremo de la pajita fina se sopla, la pajita gruesa rodará. 8. Se tapa el extremo de la pajita con cinta normal o americana o con una bolita de porexpán. 9. Se realiza un agujero en el tapón de una botella y allí se introduce la pajita fina. 10. Se pone pegamento en la unión de la pajita con el tapón de la botella, o simplemente plastilina.

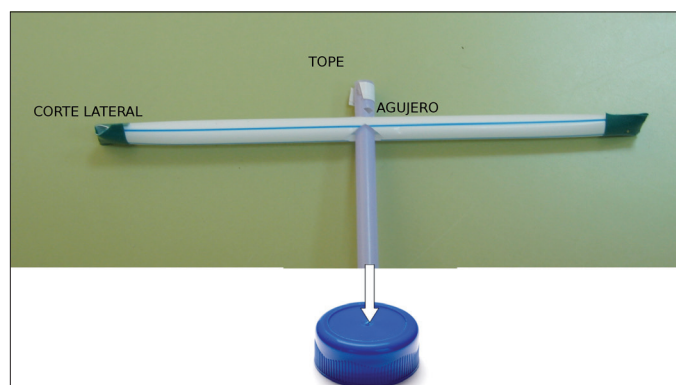


Ilustración 5

¿Qué podemos comprobar?

Se aprieta la botella para que el aire pase por el agujero de la pajita fina a la gruesa y que salga despedido por los agujeros laterales.

Se consigue así que gire la pajita gruesa como un molinillo de viento.

¿Cómo podemos explicar lo que sucede?

Este dispositivo divertido ilustra también el tercer principio de la dinámica (de acción y reacción). Al apretar la botella, el aire sale por los agujeros de los cortes laterales y como consecuencia debe haber en cada extremo una fuerza en sentido contrario sobre la pajita que la hace, finalmente, girar. Este mecanismo sencillo es una muestra de que pueden hacerse montajes ingeniosos que consiguen un rápido movimiento sin necesidad de un motor y sin necesidad de soplar.

5. LA PAJITA ELÉCTRICA

Materiales necesarios

Palito con agujero central (puede ser el tubo interior con tinta de un bolígrafo); clavito; dos pajitas; plastilina o una goma; paños de lana, algodón o seda.

¿Cómo la construimos?

1. Se clava el clavito en el centro de una pajita. 2. Se pone el palito sobre la base de plastilina o se pincha en la goma. 3. Se coloca la pajita con la tacha en el agujero superior del palito, y se comprueba que rueda fácilmente. 4. Se frota con el paño de lana o algodón la pajita transversal y otra pajita cualquiera. Se aproxima la pajita

frotada a un extremo de la pajita transversal sin tocarla. **5.** Se comprueba que gira fácilmente sin necesidad de tocar una pajita a la otra.

¿Qué podemos comprobar?

Cuando se frota el extremo de la pajita transversal con un paño adquiere carga negativa. Si se acerca otra ya cargada se pone a girar. Si la acercamos rápidamente gira deprisa. Luego se acerca una barra de vidrio o metacrilato previamente frotada. Ahora se comprueba que hay repulsión porque la pajita gira en sentido contrario. Cuanto más rápido sea el acercamiento mayor es la rapidez de giro.

También se observa que la pajita que gira es atraída hacia el trapo con que se ha frotado.

Si se acercan dos dispositivos con las dos pajitas transversales cargadas, se constata que ambas se repelen y giran con la misma rapidez.

Fundamento físico

En el primer experimento se produce un movimiento giratorio porque cargas del mismo signo se repelen. En la segunda experiencia en que se acercaron la pajita y la barra de metacrilato se produce atracción porque son cargas distintas. Constata que entre cargas de distinto sentido hay fuerzas electrostáticas de atracción.

La ley de conservación de la carga explica la atracción entre el paño con el que se frotó y la pajita cargada porque antes de frotar no había ninguna carga, luego después de frotar la suma de cargas debe ser también cero así que paño y pajita adquieren la misma carga, una positiva y otra negativa.

Para comprobar la ley de acción y reacción, hay que acercar dos dispositivos con las pajitas cargadas. Como la fuerza de acción es siempre igual a la de reacción, actúan las mismas fuerzas sobre ambas, por lo que las dos se repelen y giran con la misma rapidez. No importa a qué fuerza llamamos acción y a cuál reacción, por eso es preferible, en este caso y en todos en general, describirlas como interacciones para evitar esa tendencia a considerar que una de ellas es exclusivamente la acción y otra la reacción. Se podría llamar acción o reacción a cualquiera de las dos. Incluso, erróneamente, se las diferencia en tiempo, afirmando que primero es la acción y luego la reacción. Sin embargo, son simultáneas y no existe una sin la otra porque nunca hay una fuerza aislada. En cualquier situación, las fuerzas siempre son pares. Si hay una fuerza debe haber otra igual de sentido contrario.

Es un error relativamente frecuente pensar que si acercamos dos objetos cargados desigualmente, el cuerpo con más carga ejerce más fuerza que el otro. Efectivamente, cuando hemos frotado mucho más una de las pajitas que la otra, para que su carga sea mayor, hemos constatado que se tiende a afirmar que esa pajita ejerce una fuerza mucho mayor que la otra cuando, según Newton, son iguales, como así se constata y se comprueba. Las dos pajitas giratorias lo hacen con la misma intensidad.

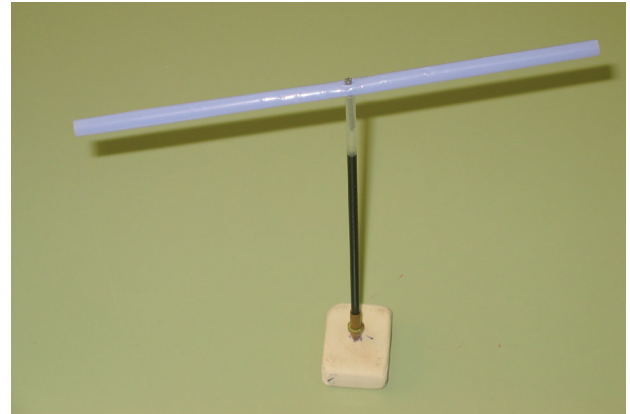


Ilustración 6

6. PAJITA PROPULSORA Y TRANSFORMACIONES DE ENERGÍA

Materiales que se necesitan

Carrito; pajita gruesa; goma interior; un clip para sujetar la goma en el extremo; una hélice giratoria que disponga de un pequeño gancho; cinta para unir la pajita al carrito.

¿Cómo la construimos?

1. Se pone la goma en el interior de la pajita. **2.** En el extremo se pone la hélice de la que sale un gancho giratorio (por dentro de la pajita), para sujetar la goma. **3.** En el otro extremo se adhiere un clip clavando su extremo en la pajita y poniendo el otro dentro de la pajita con forma de gancho para sujetar la goma. **4.** La pajita se coloca con cinta por encima de un carrito ligero. Para que pueda girar la hélice, debe ponerse un objeto, como puede ser un tapón de corcho. **5.** Se gira más de 40 veces la hélice con la goma.

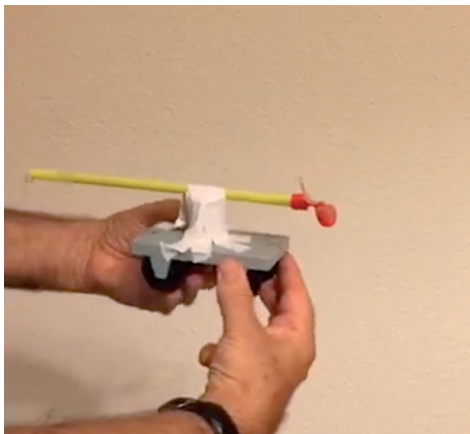


Ilustración 7

¿Qué podemos comprobar?

Cuando colocamos el carricoche con la hélice previamente girada, en el extremo de la estancia se comprueba que avanza rápidamente hasta el otro extremo gracias al giro de la hélice.

¿Cómo podemos explicar lo que sucede?

Este mecanismo es un buen ejemplo del principio de conservación de la energía. La energía potencial elástica de la goma se transforma en energía cinética, que hace moverse al carricoche.

También se comprueba que las hélices funcionan por el principio de acción y reacción. Gracias a la forma que tienen, al girar empujan el aire o el agua hacia atrás y como consecuencia el móvil se mueve hacia delante. Si giramos las hélices en sentido contrario, el móvil se desplaza hacia atrás.

7. LA MÁQUINA DE HERÓN

Materiales que se necesitan

2 platos de porexpan; pajita gruesa; 4 pajitas finas con fuelle; un CD viejo; una canica o un *spinner*.

¿Cómo la construimos?

1. Se pone la canica en el agujero central del CD y se pega. 2. Se hace un pequeño agujero en el centro del plato inferior y allí se coloca y pega la canica con el CD. (Como alternativa puede utilizarse como elemento que gira, un *spinner* que se coloca de tal forma que permita el giro del plato). 3. Se hace otro orificio en el centro del otro plato para poder poner allí un trozo de una pajita gruesa. 4. Se cortan un poco dos pajitas acodadas, se ensamblan y se colocan perpendicularmente. Uno de los laterales se introduce en un trozo de la pajita gruesa y el de la otra se apoya en el plato inferior sobresaliendo como se ve en el dibujo. 5. Se hace lo mismo con las dos pajitas con fuelle restantes pero por el otro lado. Al final quedan dos finales de pajita apretadas en la pajita gruesa y también quedan dos codos que sobresalen. 6. Se pone celo entre las pajitas apoyadas y el plato inferior. 7. Encima del plato se coloca el otro con su agujero central por donde pasa la pajita gruesa. Se pone celo en el borde de los platos para unirlos. 8. Para que funcione, se sopla introduciendo un poco una pajita fina por la parte de arriba de la pajita gruesa.



Ilustración 8

¿Qué podemos comprobar?

Se observa que cuando se sopla por la pajita gruesa el aire sale por los lados acodados de las pajitas por lo que la nave cada vez gira más rápido en sentido contrario. Cuando se deja de soplar la nave sigue dando vueltas, aunque poco a poco se va frenando.

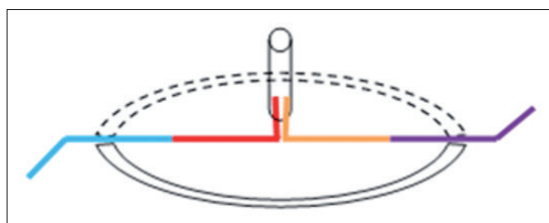


Ilustración 9

¿Cómo podemos explicar lo que sucede?

Cuando el aire sale despedido por las pajitas acodadas, según el tercer principio debe haber una fuerza igual en distinto sentido sobre las pajitas que las obliga a girar cada vez más rápido.

Además, se comprueba el principio de conservación del momento angular, porque una vez que la nave gira se conserva el eje de giro y no se ladea y se comprueba que gira durante un

buen rato porque el rozamiento es pequeño. También demuestra la conservación de la energía, pues la energía cinética cuando gira a gran velocidad se transforma poco a poco en trabajo disipativo debido al rozamiento con la mesa, provocando que el dispositivo se pare finalmente.

Basada en la máquina de Herón de Alejandría del siglo primero d.C. Esta máquina se movía en la dirección opuesta a la salida del vapor por dos tubos acodados. Pero nuestro modelo funciona con aire en vez de vapor de agua. Otro mecanismo, que también ilustra la máquina de Herón, pero con agua en vez de aire o vapor, consiste en una botella de plástico con dos pequeños agujeros donde se colocan dos pajitas acodadas. Se pone pegamento para conseguir que el agua solo salga por los extremos de las pajitas. Cuando se llena de agua y el recipiente se cuelga de una cuerda, se consigue un movimiento de rotación en la dirección opuesta a la de la salida del agua por las pajitas.



Ilustración 10

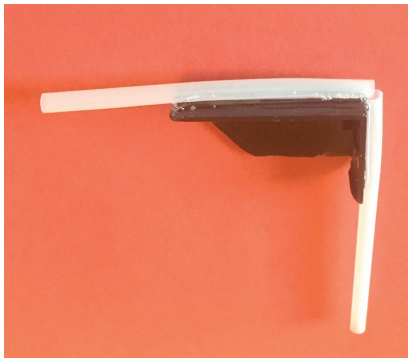


Ilustración 11

8. PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y SPRAY CON PAJITAS

Materiales que se necesitan

Dos pajitas finas sin fuelle; un objeto consistente en forma de rectángulo; pegamento; tijeras.

¿Cómo la construimos?

1. Se cortan un poco las pajitas. 2. Se colocan perpendiculares al objeto rectangular. 3. Para que las pajitas permanezcan en la misma posición se pegan al objeto rectangular.

¿Qué podemos comprobar?

Se coge un vaso de plástico con agua y se sumerge una de ellas en el agua. Se sopla por la otra pajita horizontal. Se observa que el agua se esparce o difumina en forma de gotitas finas en la dirección que indiquemos.

¿Cómo podemos explicar lo que sucede?

Este dispositivo ilustra bien el principio de Bernoulli (cuando hay alta velocidad en un fluido debe haber una bajada de presión). Al soplar por la pajita horizontal se produce una bajada de presión en la parte superior de la vertical que está sumergida en agua. Entonces, la presión atmosférica actúa, empujando al agua por la parte inferior de la pajita vertical. Este agua sale despedida en pequeñas gotas pues es empujada por que el aire con el que se sopla y se difumina en pequeñas gotitas.

Otros autores explican el fenómeno simplemente razonando que al soplar se retira un poco del aire que hay encima de la pajita vertical por lo que el aire de abajo tienden a sustituirlo empujando consigo el agua.

Este dispositivo sirve para pintar. Se han hallado pinturas rupestres pintadas con esta técnica. En vez de pajitas utilizaban dos huesos huecos de aves.

Poniendo una pequeña embocadura desechable pueden soplar los que quieran con el mismo dispositivo. Este mecanismo ilustra cómo funciona una chimenea.

9. EFECTO VENTURI y LA PAJITA MUSICAL

Materiales necesarios

Pajita fina sin fuelle; tijeras.

¿Cómo la construimos?

1. Con unas tijeras se realizan dos cortes laterales al extremo de una pajita para que termine como muestra la imagen (No debe acabar con forma triangular de punta sino que debe quedar un pequeño lado transversal

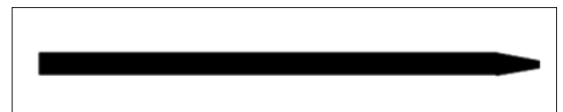


Ilustración 12

en la parte final). 2. A continuación se aplastan un poco las dos lengüetas con los dientes para lograr que queden planas y un poco más juntas. 3. Luego se ponen los labios delante y se sopla procurando que vibre este extremo dentro de la boca.

¿Qué podemos comprobar?

Al soplar se produce un sonido.

Si cortamos un trozo del final, el sonido se hará más agudo. Cuanto más larga sea la pajita será el sonido más grave.

¿Cómo podemos explicar lo que sucede?

Al soplar por este extremo el aire fluye por el interior. Según el efecto Venturi se produce una bajada de presión porque hay una corriente rápida de aire. Actúa entonces la presión atmosférica exterior que tiende a estrangular este extremo. Cuando ya casi se cierran las lengüetas no circula casi aire por lo que deja de haber menor presión y por consiguiente las lengüetas se vuelven a abrir. En definitiva se logra una vibración de las mismas que se abren y se cierran lo que ocasiona un sonido musical cuya frecuencia depende de la longitud de la pajita.

Para comprobar la vibración de la pajita es interesante coger una pajita pequeña y aspirar (por el extremo sin lengüetas) en vez de soplar porque así se puede observar que al emitir sonido, las lengüetas se abren y se cierran tal y como predice el principio de Bernoulli. Es muy motivador explicar la pajita musical en clase y a continuación repartir pajitas a todos los alumnos. Casi todos ellos consiguen rápidamente hacerla sonar aplastando la punta con los dientes (**ilustración 13**), y con las tijeras convertir el sonido grave en agudo cortando trocitos de la pajita (**ilustración 14**).



Ilustración 13



Ilustración 14

10. GAY LUSSAC Y LA PAJITA TERMÓMETRO

Materiales que se necesitan

Pajita fina; líquido coloreado; tarro de vidrio; punzón; pegamento

¿Cómo la construimos?

1. Se realiza un corte circular en medio de la tapa del tarro, para que pueda meterse la pajita. 2. Se pone pegamento entre la tapa y la pajita tanto en un lado de la tapa como en el otro. Debe quedar todo estanco. 3. Se añade líquido coloreado para llenar un tercio del tarro. 4. Se tapa y se sopla un poco por la pajita para que el aire de dentro del tarro tenga un poco más de presión.

¿Qué podemos comprobar?

Al poner las manos en el tarro se observa que el líquido va subiendo por la pajita indicando mayor temperatura.

¿Cómo podemos explicar lo que sucede?

Este dispositivo ilustra el principio de Gay-Lussac que afirma que la presión de un gas es directamente proporcional a la temperatura cuando el volumen es constante. Esto es lo que ocurre cuando se ponen las manos en el tarro. Sube la temperatura y provoca una mayor presión que empuja el líquido hacia arriba.

CONCLUSIONES

Cada ficha propuesta se ha convertido en un caramelo sin azúcar que ha ido deshaciéndose lentamente en la boca e impregnando de sabor el paladar en las clases de física. Los protagonistas de estos recursos han sido nuestros alumnos, pues ellos nos han avisado de las dificultades y nos han facilitado, en la mayoría de ocasiones, sus alternativas. El trabajo en equipo ha hecho maravillas y, aunque el silencio ha brillado por su ausencia, se notaba la implicación del alumnado en el desarrollo de las clases. Es más, en todas las ocasiones, estos prototipos y su explicación han traspasado las paredes del aula para instalarse en las de las casas de los discentes y en su entorno de amistades.

La experimentación ha afectado por una parte a los alumnos de secundaria y bachillerato del IES Diego Velázquez de Madrid, y por otra parte, al alumnado de los grados de educación infantil y primaria de la Universitat Jaume I de Castelló. Posteriormente, estos estudiantes han trasladado a sus centros de Prácticum algunos de los montajes con notable éxito. La facilidad en su confección con elementos sencillos y baratos, más la manipulación que conllevaban y el movimiento que producen han sido las causas principales de su significativa difusión, como nos han narrado los propios estudiantes. A ello ha ayudado que la versión puesta en funcionamiento ya estaba muy practicada anteriormente.

Concretamente, los estudiantes de la UJI han valorado en una media de 9,7 sobre 10 las propuestas de pajitas en el prácticum, y las han clasificado por su facilidad:

DIFICULTAD	FICHAS PROPUESTAS
Grado 1	1 aspersora, 3 helicóptero, 5 eléctrica, 9 musical
Grado 2	2 rotación circular, 4 molinillo, 8 spray
Grado 3	6 propulsora, 7 Herón, 10 termómetro

¿Ha habido problemas? Por supuesto. El más importante fue cambiar las pajitas de plástico por otras ecológicas, biodegradables... pero ya superado. Pero su sustitución ha creado otros porque no eran igual de flexibles ni tenían las mismas características dependiendo del material. En otras ocasiones, montajes sencillos se han convertido en muy delicados al tratarse de materiales muy endebles. En cualquier caso, la satisfacción del alumnado de primaria participante ha sido de un 9,5 sobre 10 y las propuestas de mejora se han centrado en la dificultad de algunas de las fichas (las de grado 3).

Esperamos que el trabajo realizado y expuesto en este artículo sirva principalmente para enamorar de la ciencia, y más concretamente de la física, a nuestra sociedad. Porque estos recursos no son tan sólo curriculares, sino transversales. No avanzaremos como colectividad si no apostamos por la divulgación científica, por una base general de conocimientos y especialmente de actitudes que nos haga valorar las distintas especializaciones. Y esto en el Reino de España es una asignatura pendiente históricamente donde tradicionalmente se han ensalzando las letras y menospreciado la ciencia.

Este es nuestro objetivo final al que aportamos años de experimentación de estas propuestas, que no son garantía de nada si no van acompañadas de la práctica por parte de otras compañeras y compañeros. Estamos convencidos que la magia para conseguir los cambios mencionados pasa por el compromiso activo y por romper rutinas que en muchas ocasiones nos resultan invisibles. Esperamos que los artilugios de pajitas ecológicas colaboren en esta dirección con el compromiso de docentes y familiares.

REFERENCIAS

- [1] MAXWELL J. C. (1871) The Scientific Papers of James Clerk Maxwell, Vol. II. W. D. Niven (ed.). New York. Dover (1965). pp. 241-255.
- [2] LÓPEZ, VICENTE (2017). La física de los juguetes. *Revista Eureka sobre enseñanza de las Ciencias* nº 20.

- [3] GARCÍA MOLINA R. (2011) Ciencia recreativa: un recurso didáctico para enseñar deleitando. *Revista Eureka sobre enseñanza de las Ciencias* 8 (Número Extraordinario), 370-392.
- [4] COSTA, M. y DORRÍO, B. (2010) Actividades manipulativas como herramienta didáctica en la educación científico y tecnológica. *Revista Eureka sobre Enseñanza de las Ciencias*, 2010, 7(2), p. 462.
- [5] CASSINELLO, P. (2015) Dispositivos y experiencias sencillas para explicar el principio de acción y reacción. *Revista Eureka sobre Enseñanza de las Ciencias* 12(2), p. 375-380.

LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL EN LAS PRUEBAS EXTERNAS DE QUÍMICA PREUNIVERSITARIA DE ESPAÑA, REINO UNIDO E IRLANDA Y SU USO COMO RECURSO DIDÁCTICO

Almudena de la Fuente Fernández (1) y M. Araceli Calvo Pascual (2)

- (1) Grupo de Didáctica e Historia, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química. Colegio Nuestra Señora de los Ángeles, Madrid. Facultad de Educación - Centro de Formación del Profesorado de la Universidad Complutense de Madrid. C/ Rector Royo Villanova, s/n. Ciudad Universitaria - 28040 Madrid. almdelaf@ucm.es
- (2) Grupo de Didáctica e Historia, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química. Facultad de Formación de Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid. C/ Francisco Tomás y Valiente, 3. Ciudad Universitaria de Cantoblanco - 28049 Madrid. araceli.calvo@uam.es

Dirección de correspondencia: almdelaf@ucm.es

Palabras clave: enseñanza de la química; pruebas externas; trabajo experimental; recursos didácticos.

Keywords: chemistry education; external tests; experimental work; didactic resources.

Resumen

Este trabajo indaga en la evaluación de las prácticas experimentales en distintas pruebas externas preuniversitarias de química –PAU (España), *A level* (Reino Unido) y *Leaving Certificate* (Irlanda)– correspondientes al periodo 2010-2016. Se encontró que las cuestiones relacionadas con el trabajo experimental tienen en general una escasa presencia en las pruebas españolas, aunque con diferencias significativas por Comunidades Autónomas. Por el contrario, las pruebas del Reino Unido e Irlanda tienen una elevada proporción de preguntas relacionadas con las prácticas de laboratorio que valoran las destrezas de los estudiantes para aplicar las estrategias básicas del trabajo científico y pueden ser de gran utilidad como recurso didáctico en el aula.

Abstract

This paper investigates the assessment of experimental work in different external pre-university Chemistry exams –PAU (Spain), *A level* (United Kingdom) and *Leaving Certificate* (Ireland)– during the period 2010-2016. It was found that questions related to experimental work generally have a scarce presence in the Spanish tests, although with significant differences by regions. By contrast, the UK and Irish tests have a high proportion of lab-related questions that assess students' abilities to apply basic strategies of scientific work and can be very useful as a teaching resource in the classroom.

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los sistemas educativos, los estudiantes deben superar unas pruebas externas al término de la educación secundaria postobligatoria cuya finalidad suele ser regular el acceso a la universidad y, en el caso de algunos países como Reino Unido e Irlanda, obtener la titulación del ciclo educativo correspondiente. Spratt [1] analizó los aspectos de la realidad del aula que se veían afectados por este tipo de pruebas, encontrando un empleo generalizado de preguntas propuestas en pruebas externas de años anteriores como recurso didáctico en las aulas. Según Alderson y Wall [2], las consecuencias positivas o negativas en la enseñanza y el aprendizaje de estas prácticas dependerán fundamentalmente de la calidad de las pruebas empleadas.

El alumnado español realiza al finalizar el bachillerato la Prueba de Acceso a la Universidad (PAU) –denominada, desde 2017, EBAU entre otros acrónimos–, siendo actualmente la única prueba externa de evaluación cuyos resultados afectan directamente al alumnado. En el ámbito de la enseñanza de la química, Oliva, Franco y Gil [3] analizaron las PAU de Andalucía y su influencia en la enseñanza de esta disciplina; su estudio reveló que las características de las PAU contribuían a una escasa realización de prácticas de laboratorio en el último curso de bachillerato como consecuencia, en parte, de la casi nula presencia de cuestiones relacionadas con el trabajo experimental en estas pruebas. Por otro lado, Banet [4] afirma que a lo largo del bachillerato se observa una falta de atención a aspectos fundamentales de la competencia científica que se suelen obviar en estas pruebas, como son las habilidades y destrezas características de la investigación científica. No obstante, el Real Decreto 1467/2007 que fija las enseñanzas mínimas para el Bachillerato [5] en el marco de la Ley Orgánica de Educación (LOE) establece, en referencia a la asignatura de química, que «las prácticas de laboratorio juegan un papel relevante como parte de la actividad científica, teniendo en cuenta los problemas planteados, su interés, las respuestas tentativas, los diseños experimentales, el cuidado en su puesta a prueba, el análisis crítico de los resultados, etc., aspectos fundamentales que dan sentido a la experimentación» (p. 45451), lo que pone de manifiesto una deficiente alineación entre PAU y currículo.

Las pruebas externas que realizan los estudiantes británicos e irlandeses al finalizar la educación secundaria y que permiten el acceso a la universidad –*A level* y *Leaving Certificate*, respectivamente– tienen en común el estar sometidas a procesos de estandarización en los que se emplean el juicio de expertos y el tratamiento estadístico con el fin de garantizar su validez y fiabilidad [6]. Por ello, se desarrollan criterios de evaluación muy detallados y estrechamente relacionados con el programa de estudios de cada materia, de forma que se produzca un alineamiento lo más estrecho posible entre currículo y pruebas de evaluación, lo que facilita la influencia positiva de estas pruebas a través de la mediación del profesorado [7]. Así, en los currículos para la obtención del *A level* [8] y el *Leaving Certificate* [9] se especifican detalladamente las habilidades relativas a procedimientos y técnicas de laboratorio que los estudiantes deben alcanzar para superar con éxito las citadas pruebas.

A partir de lo expuesto anteriormente, los objetivos establecidos para este estudio son:

- Conocer cómo se evalúan las prácticas experimentales en distintas pruebas externas preuniversitarias de química.
- Evaluar la utilidad de las preguntas analizadas como recursos didácticos para mejorar el desarrollo del trabajo experimental.

METODOLOGÍA

Para poder conocer cómo se evalúa el trabajo experimental en distintas pruebas externas preuniversitarias, se seleccionó una muestra de exámenes de química de acceso a la universidad de España (PAU), Reino Unido (*A level*) e Irlanda (*Leaving Certificate*) correspondientes al periodo comprendido entre 2010 y 2016; en lo que respecta a las PAU, la muestra analizada incluía todas las preguntas formuladas en dicho periodo en las convocatorias ordinaria y extraordinaria de diez Comunidades Autónomas (CC. AA.): Andalucía, Aragón, Asturias, Canarias, Castilla y León, Cataluña, Comunidad Valenciana, Galicia, Madrid y País Vasco. En total, se analizaron 1763 preguntas distribuidas según se detalla en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Distribución de las preguntas analizadas por países, CC.AA. y años

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL
ESPAÑA	194	198	198	198	198	198	198	1382
Andalucía	24	24	24	24	24	24	24	168
Aragón	16	20	20	20	20	20	20	136
Asturias	20	20	20	20	20	20	20	140
Canarias	20	20	20	20	20	20	20	140
Castilla y León	20	20	20	20	20	20	20	140
Cataluña	14	14	14	14	14	14	14	98
Comunidad Valenciana	20	20	20	20	20	20	20	140
Galicia	20	20	20	20	20	20	20	140
Madrid	20	20	20	20	20	20	20	140
País Vasco	20	20	20	20	20	20	20	140
REINO UNIDO	42	43	46	42	42	46	43	304
IRLANDA	11	11	11	11	11	11	11	77

Con el fin de analizar las características de las preguntas relacionadas con las actividades experimentales en química, fue preciso establecer una serie de categorías relativas a distintas facetas evaluables del trabajo de laboratorio a partir de las especificaciones mencionadas en los currículos de los países estudiados. Según el Real Decreto 1467/2007 [5], la enseñanza de la química en el bachillerato pretende, entre otros objetivos, “familiarizarse con el diseño y realización de experimentos químicos, así como con el uso del instrumental básico de un laboratorio químico y conocer algunas técnicas específicas, todo ello de acuerdo con las normas de seguridad de sus instalaciones” (p. 45451). Por su parte, en el currículo para la obtención del *A level* se especifica que los estudiantes deben ser capaces de explicar los diseños experimentales, evaluar los resultados y extraer conclusiones en relación con los errores e incertidumbres en las medidas [6], mientras que para la obtención del *Leaving Certificate* se requiere que el alumnado demuestre su capacidad para seleccionar y manipular el instrumental adecuado, hacer observaciones y mediciones precisas e interpretar los datos experimentales y evaluar la precisión de los resultados obtenidos [7]. A partir de dichos objetivos, se establecieron cuatro categorías en relación con el trabajo experimental en química –identificadas con los códigos TE, DE, IL y NS– que se describen en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Categorías para el análisis de preguntas sobre trabajo experimental

CATEGORÍAS	EJEMPLOS DE PREGUNTAS
TE: Conocer y describir técnicas experimentales en química	Describir pasos a seguir en la preparación de disoluciones, volumetrías, técnicas analíticas, montaje de una pila galvánica, electrolisis de sales, etc.
DE: Diseñar y evaluar experimentos	Proponer mejoras en un experimento, justificar pasos a seguir, indicar posibles causas de error, etc.
IL: Conocer el uso del instrumental básico de un laboratorio químico	Identificar material necesario para una técnica experimental, explicar uso del instrumental, dibujar montaje experimental, etc.
NS: Conocer las normas de seguridad de un laboratorio químico	Enumerar, describir y/o valorar normas de seguridad a seguir en un procedimiento experimental dado, identificar pictogramas de seguridad, etc.

La categorización de las distintas preguntas fue desarrollada por dos jueces expertos de manera independiente, que asignaron una o más categorías a cada una de las preguntas seleccionadas; se alcanzó un grado de concordancia muy elevado y los casos puntuales en los que hubo discrepancia se resolvieron por consenso.

RESULTADOS

Al analizar las pruebas externas seleccionadas para este estudio, se encontró que las cuestiones referidas al trabajo experimental apenas representaban un 6% de las preguntas de las PAU de química, mientras que en Reino Unido (29%) y especialmente en Irlanda (56%) eran mucho más frecuentes, como queda reflejado en la **Figura 1**.

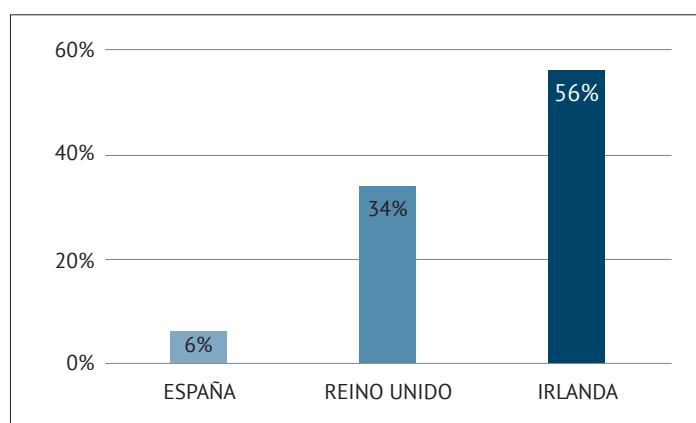


Figura 1. Porcentaje de preguntas referentes al trabajo experimental en las pruebas externas de química de España, Reino Unido e Irlanda.

En el caso de las PAU, solo se encontraron preguntas relativas a este tema en seis de las diez CC.AA. analizadas y, como muestra la **Figura 2**, la presencia de este tipo de cuestiones destaca en Asturias –15% del total de preguntas planteadas en sus PAU–, Cataluña –18%– y Galicia–19%–.

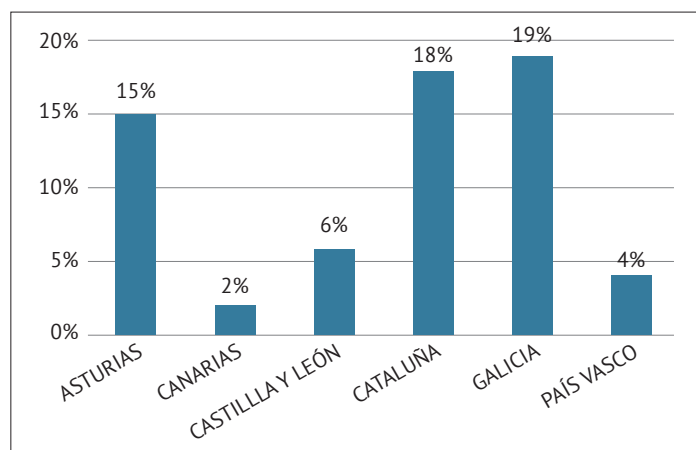


Figura 2. Porcentaje de preguntas referentes al trabajo experimental en los exámenes de química de las PAU de distintas CC.AA.

Al categorizar las preguntas referidas a trabajo experimental, se encontró que casi todas ellas, independientemente de su procedencia, requerían el conocimiento o la descripción de determinadas técnicas experimentales (TE). También se constató que la mayoría hacían alusión al reconocimiento y uso del instrumental de laboratorio (IL). Por el contrario, resulta llamativo que en ninguna de las PAU estudiadas se planteaban preguntas que precisaran el diseño o evaluación de experimentos (DE), mientras que este tipo

de cuestiones sí eran muy frecuentes en las pruebas del Reino Unido (71% de las preguntas sobre trabajo experimental) e Irlanda (42 %). En lo que respecta a las normas de seguridad en el laboratorio de química (NS), su presencia es muy escasa en el *A level* (7%) y algo más frecuente en el *Leaving Certificate* (15%), estando totalmente ausentes en el caso de las PAU. En la **Figura 3** se muestran las frecuencias relativas de las distintas categorías respecto al total de preguntas relacionadas con actividades experimentales.

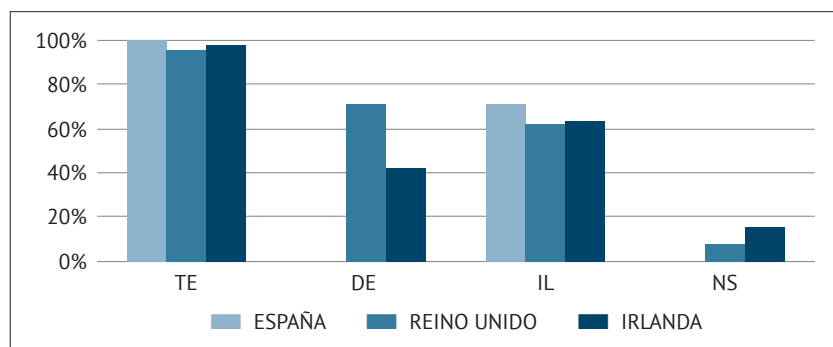


Figura 3. Frecuencias relativas de las preguntas sobre trabajo experimental incluidas en cada categoría.

La utilidad de este tipo de preguntas como recurso didáctico está estrechamente ligado a las facetas del trabajo experimental que estén implicadas en su resolución. Para ejemplificar los diferentes planteamientos que pueden adoptarse, se han seleccionado cinco preguntas referidas a trabajo experimental procedentes de los tres países objeto de estudio; en el caso de España, se han escogido tres preguntas extraídas de las PAU de Asturias (**Figura 4**), Cataluña (**Figura 5**) y Galicia (**Figura 6**), por tratarse de las CC. AA. en las que este tipo de cuestiones son más frecuentes. Todas las preguntas seleccionadas están referidas a un mismo procedimiento experimental, la volumetría ácido-base, cuya realización está prescrita en todos los currículos analizados. Al analizar el contenido de las cuestiones planteadas en las PAU, se observa que en los tres casos se relacionan con las categorías “conocer y describir algunas técnicas específicas” (CO) y “conocer el uso del instrumental básico de un laboratorio químico (IL), si bien en las que corresponden a Cataluña y Galicia los estudiantes deben realizar además algunos cálculos relacionados con la dilución de la disolución inicial –en Cataluña– o la concentración de la disolución valorada –en Galicia–.

3. (1,0 punto)



En el laboratorio se dispone del dispositivo experimental de la figura y del material de laboratorio y reactivos que se relaciona: pipeta aforada de 10 mL, disolución acuosa titulada de NaOH, muestra de vinagre comercial e indicador.

Indique el procedimiento experimental a seguir para realizar la determinación del contenido de ácido acético en un vinagre comercial.

Figura 4. Ejemplo de pregunta sobre volumetría ácido-base en PAU de Asturias (junio de 2015). Fuente: Universidad de Oviedo [10].

4. El *salfumant* és un producte comercial que conté HCl i que s'utilitza per a la neteja i desinfecció de vàters. Per a determinar el contingut de HCl d'un *salfumant* comercial es pot dur a terme una valoració àcid-base emprant hidròxid de sodi com a reactiu valorant.

a) Disposem d'una solució d'hidròxid de sodi 2,000 M. Quin volum d'aquesta solució ens cal per a preparar 250,0 mL d'una solució d'hidròxid de sodi 0,400 M? Indiqueu el material necessari per a preparar aquesta solució al laboratori.

[1 punt]

b) Expliqueu el procediment experimental per a dur a terme la valoració de 5,0 mL de la mostra de *salfumant* amb la solució d'hidròxid de sodi 0,400 M, i indiqueu el material i els reactius que utilitzaríeu.



Figura 5. Ejemplo de pregunta sobre volumetría ácido-base en PAU de Cataluña (julio de 2013). Fuente: Selecat [11].

5. 5.1. Para a valoración de 10,0 mL de disolución de hidróxido de sodio realizáronse tres experiencias nas que os volumes gastados dunha disolución de HCl 0,1 M foron de 9,8; 9,7 e 9,9 mL, respectivamente ¿que concentración ten a disolución da base?.
- 5.2. Indique o procedemento a seguir e describa o material a utilizar na devandita valoración.

Figura 6. Ejemplo de pregunta sobre volumetría ácido-base en PAU de Galicia (septiembre de 2010). Fuente: FiQuiPedia [12].

Los ejemplos que se muestran en las **Figuras 7 y 8** se han extraído, respectivamente, de las pruebas de Reino Unido e Irlanda e implican, además de las facetas mencionadas en las cuestiones procedentes de las PAU, otros dos aspectos esenciales: “diseñar y evaluar experimentos” (DE) y “conocer las normas de seguridad de un laboratorio químico” (NS). Así, en la cuestión planteada en el A level (**Figura 7**) se demanda al alumnado, entre otros aspectos, la justificación de posibles causas de error –indicar cómo cambiaría el resultado si se utilizaran unos pocos cm^3 , en lugar de unas gotas, de indicador–, el conocimiento de las normas de seguridad en el laboratorio –sugerir una precaución de seguridad para minimizar el riesgo al limpiar un derramamiento de disolución de hidróxido de bario–, el razonamiento de algún paso del procedimiento seguido –sugerir una razón por la cual repetir una valoración puede mejorar su fiabilidad– y la explicación de por qué se usa determinado instrumental en el laboratorio –explicar el motivo por el cual se prefiere emplear un Erlenmeyer en lugar de un vaso de precipitados para la valoración–.

- 8** A solution of barium hydroxide is often used for the titration of organic acids. A suitable indicator for the titration is thymol blue. Thymol blue is yellow in acid and blue in alkali. In a titration a solution of an organic acid was added from a burette to a conical flask containing 25.0 cm^3 of a barium hydroxide solution and a few drops of thymol blue.
- 8 (a)** Describe in full the colour change at the end-point of this titration.
-
(1 mark)
- 8 (b)** Thymol blue is an acid. State how the average titre would change if a few cm^3 , rather than a few drops, of the indicator were used by mistake in this titration.
-
(1 mark)
- 8 (c)** Barium hydroxide is toxic. Suggest **one** safety precaution you would take to minimise this hazard when wiping up a spillage of barium hydroxide solution.
-
(1 mark)
- 8 (d)** Suggest **one** reason why a 250 cm^3 conical flask is preferred to a 250 cm^3 beaker for a titration.
-
(1 mark)
- 8 (e)** Suggest **one** reason why repeating a titration can improve its reliability.
-
(1 mark)

Figura 7. Ejemplo de pregunta sobre volumetría ácido-base planteada en el A level (junio de 2011, unit 3X). Fuente: Physics and Maths tutor [13]

En lo que respecta a la pregunta extraída del Leaving Certificate (**Figura 8**), además de pedir a los estudiantes que describan el método experimental empleado y realicen los cálculos pertinentes, se requiere que estos sean capaces de definir conceptos básicos relativos al procedimiento desarrollado en el laboratorio – explicar qué es una disolución estándar primaria–, detallar pasos de dicho procedimiento –describir cómo se ajusta el nivel de líquido en la bureta a cero o sugerir un posible indicador adecuado– y justificar el empleo de determinadas normas de seguridad –explicar por qué se usó un pipeteador para llenar la pipeta–.

1. A student determined the concentration of a hydrochloric acid solution by titration with 25.0 cm³ portions of a 0.05 M primary standard solution of anhydrous sodium carbonate. The portions of sodium carbonate solution were measured into a conical flask using a 25 cm³ pipette. The hydrochloric acid solution was added from a burette. The mean titre was 20.8 cm³.

The balanced equation for the titration reaction was:



- (a) Explain the underlined term. (5)
- (b) Describe how the student should have prepared 500 cm³ of the 0.05 M primary standard solution from a known mass of pure anhydrous sodium carbonate, supplied on a clock glass. (12)
- Calculate the exact mass of anhydrous sodium carbonate (Na₂CO₃) required to prepare this solution. (6)
- (c) (i) Describe how the liquid level in the burette was adjusted to the zero mark.
- (ii) Why was a pipette filler used to fill the pipette with 25.0 cm³ of the sodium carbonate solution? (6)
- (d) Name a suitable indicator for this titration.
- State the colour change observed at the end point. (9)
- (e) Calculate, correct to two decimal places, the concentration of the hydrochloric acid solution in
- (i) moles per litre,
- (ii) grams per litre. (12)

Figura 8. Ejemplo de pregunta sobre volumetría ácido-base planteada en el *Leaving Certificate* (junio de 2012).

Fuente: The Leaving Cert [14]

CONCLUSIONES

El análisis de las preguntas extraídas de las PAU pone de manifiesto importantes deficiencias en lo relativo al tratamiento del trabajo experimental en química en estas pruebas, aspecto que se considera esencial para el aprendizaje de esta disciplina. En concreto, solo en tres de las diez CC. AA. analizadas las preguntas relacionadas con la experimentación química superan el 5% del total. Este hecho contrasta con lo observado en las pruebas equivalentes que realizan los estudiantes británicos e irlandeses, en las que este tipo de preguntas representan un 34% y un 56% respectivamente. Además, al analizar el contenido de las cuestiones sobre trabajo experimental propuestas en las PAU, se encontró que su resolución requería únicamente el conocimiento teórico de algunas técnicas experimentales y del instrumental de laboratorio; por el contrario, las preguntas planteadas en el *A level* y el *Leaving Certificate* suponían una mayor demanda cognitiva, incluyendo el diseño y evaluación de experimentos y un conocimiento profundo de las normas de seguridad en el laboratorio químico. Por ello, considerando la elevada frecuencia con la que la mayoría del profesorado emplea en sus aulas preguntas extraídas de este tipo de exámenes, se puede inferir que, en la mayoría de las CC. AA., las pruebas de acceso a la universidad no estarían contribuyendo a mejorar en los estudiantes de bachillerato las habilidades y destrezas características de la investigación científica. Por otro lado, en aquellas CC. AA. cuyas PAU presentan algunos contenidos relacionados con la experimentación

química, estas podrían estar ayudando a impulsar el trabajo en el laboratorio químico, pero sin llegar a profundizar en las tareas propias de la actividad científica. El empleo por parte del profesorado de cuestiones relativas al trabajo experimental similares a las propuestas en las pruebas de Reino Unido e Irlanda –ya sea como tarea asociada a las actividades experimentales realizadas o como herramienta de evaluación– podría contribuir a mejorar la competencia científica del alumnado de bachillerato español.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ALDERSON, J. C. y WALL, D. (1993) Does washback exist? *Applied Linguistics*, 14(2), 115-129.
- [2] SPRATT, M. (2005) Washback and the classroom: the implications for teaching and learning of studies of washback from exams. *Language Teaching Research*, 9(1), 5-29.
- [3] OLIVA, J.M., FRANCO-MARISCAL, R. Y GIL-MONTERO, M.L.A. (2016) Las pruebas de acceso a la universidad y la inclusión de contenidos Ciencia-Tecnología-Sociedad en los currículos de Bachillerato. *Indagatio Didactica*, 8(1), 2074-2086
- [4] BANET, E. (2010). Finalidades de la educación científica en Educación Secundaria: aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 199-214.
- [5] (2007) Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. Boletín Oficial del Estado, núm. 266, de 6 de noviembre de 2007, pp. 45381 a 45477.
- [6] BAIRD, J., ANDRICH, D., HOPFENBECK, T. N. y STOBART, G. (2017) Assessment and learning: fields apart? *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 24(3), 317-350.
- [7] DALY, A. L., BAIRD, J. A., CHAMBERLAIN, S., y MEADOWS, M. (2012). Assessment reform: students' and teachers' responses to the introduction of stretch and challenge at A-level. *Curriculum Journal*, 23(2), 139-155.
- [8] QCA (2006). GCE AS and A Level Subject Criteria for Science. Qualifications and Curriculum Authority.
- [9] DEPARTMENT OF EDUCATION AND SCIENCE (1999). Leaving certificate chemistry syllabus. Dublin, Government of Ireland.
- [10] (2021) Universidad de Oviedo. Exámenes PAU/EBAU [En línea], disponible en: <https://www.uniovi.es/accesoyayudas/estudios/ebau/examenes/loe> [Consultado el 18/06/2021].
- [11] (2021) Selecat. PAU (Proves d'accés a la universitat): Exàmens i informació de les matèries dels anys 2000-2021. [En línea], disponible en: <https://selecat.cat> [Consultado el 18/06/2021].
- [12] (2021) FiQuiPedia. Enunciados PAU Química. [En línea], disponible en: <https://fiquipedia.gitlab.io/fiquipedia/home/recursos/recursospau/ficheros-enunciados-pau-quimica/> [Consultado el 19/07/2021].
- [13] (2021) Physics and Maths tutor. Past papers. A-Level Chemistry Papers. [En línea], disponible en: <https://www.physicsandmathstutor.com/past-papers/a-level-chemistry> [Consultado el 18/06/2021].
- [14] (2021) The Leaving Cert. Past papers. Chemistry. [En línea], disponible en: <https://theleavingcert.com/exam-papers/chemistry> [Consultado el 18/06/2021].

MOTORES ELÉCTRICOS DE JUGUETE: UN TESORO DIDÁCTICO POR DESCUBRIR

Antonio Eff-Darwich Peña (1,2,3); Alejandra Goded-Merino (1)

(1) Facultad Educación, módulo A2, Universidad de La Laguna, C/ Heraclio Sánchez 3, 38204, La Laguna, Tenerife, España

(2) Instituto de Astrofísica de Canarias, C/Vía Láctea s/n, 38205, La Laguna, Tenerife, España

(3) Instituto Volcanológico de Canarias, Tenerife, España

Dirección de correspondencia: adarwich@ull.edu.es

Palabras clave: educación primaria; educación secundaria; electromagnetismo; música; matemáticas.

Keywords: primary education; secondary education; electromagnetism; music, maths.

Resumen

Un recurso didáctico que enganche al alumnado, sea fácil de manipular, barato y multidisciplinar es, sin duda alguna, un verdadero tesoro. Los motores eléctricos de 3.5 V, los típicos que se encuentran en los coches de juguete de los niños, responden a estas premisas. Se han diseñado una serie de sencillas demostraciones que usan un motor eléctrico y la música para reforzar los conceptos básicos sobre electromagnetismo y su importancia capital en la sociedad actual. La música tiene como claro objetivo enganchar y motivar al alumnado, por lo que las actividades consistirán en construir un altavoz, un micrófono y una rudimentaria guitarra eléctrica.

Abstract

A didactic resource that engages students, that is easy to manipulate, cheap and multidisciplinary is, without a doubt, a treasure. The 3.5 V electric motors, those found in children's toy cars, respond to these premises. A series of simple demonstrations, using an electric motor and music, have been designed to reinforce the basic concepts of electromagnetism and its capital importance in today's society. The music has the clear objective of engaging and motivating the students; hence, the activities will consist of building a loudspeaker, a microphone and a simple electric guitar.

ANTECEDENTES

Según el informe educativo elaborado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [1], aproximadamente un 40% de la población adulta española tiene un nivel educativo igual o inferior a la primera etapa de la educación secundaria. El informe sobre percepción de la ciencia en España [2] indica que un 33% de la población española admite que, durante su etapa escolar, las ciencias se le daban mal, mientras que a un 47% le costaba entenderla. Finalmente, si nos centramos en la materia de Física y tomamos como referencia el número de matriculados para las pruebas de acceso a la universidad (EBAU), en la Universidad de La Laguna, de los años 2018 a 2020 [3], se puede constatar que únicamente un 15%

del alumnado de 2º de Bachillerato cursaba esta asignatura. De este porcentaje, el número de hombres era 3 o 4 veces superior al de mujeres. De todos estos datos se desprende que un porcentaje muy significativo de la población española tiene, como mucho, conocimientos acerca de la materia de Física de la primera etapa de secundaria. En este sentido, consideramos que, aunque no se vea la Física como una posible salida académica/profesional, es necesario enseñar y/o aprender una Física básica rigurosa, sustentada en todo momento de sólidos contenidos matemáticos, pero más interdisciplinar, y apoyada en materias como la historia, la música o la educación física. La enseñanza de la Física debería ser más demostrativa, para que el alumnado vea y sienta, de primera mano, los conceptos y leyes que la gobiernan.

Debemos tratar de transmitir al alumnado la idea de que la Física (al igual que otras ciencias) es una de las actividades humanas más creativas, basada en la conexión de ideas, la capacidad de abstracción y de observación, de manera análoga a la literatura o la pintura. El concepto de creatividad ha sido objeto de mucha discusión, incluyendo cómo debe definirse y cómo debe llevarse a la práctica y estimularse [4]. La Física es particularmente interesante a este respecto, ya que en ella se produce una especie de equilibrio entre los lados intuitivo y analítico de pensamiento humano [5]. Sin embargo, la física escolar está fuertemente desequilibrada y tiene su énfasis en el lado analítico. La parte intuitiva, que contiene habilidades como el razonamiento conceptual, la empatía, la visión de conjunto o el pensamiento no lineal, tiene un papel poco importante en la enseñanza de la física tradicional. En este sentido, las demostraciones basadas en modelos experimentales simplificados de los fenómenos físicos, permiten que los estudiantes investiguen las características y los resultados de los modelos y, por lo tanto, aprendan sobre los principios físicos y sus aplicaciones. Para promover la creatividad, las demostraciones deben ser transparentes, es decir, no debe haber “cajas negras”, incluidos los instrumentos de medición. De esta forma, el alumno adquiere una comprensión conceptual del equipo y se le anima a realizar investigaciones personales e independientes [5].

En este trabajo, vamos a utilizar las ideas anteriormente expuestas (interdisciplinariedad, uso de demostraciones y uso de la creatividad) para diseñar recursos de enseñanza-aprendizaje sobre el electromagnetismo. El alumnado suele tener problemas para entender los conceptos básicos en el dominio de la electricidad y el magnetismo, en particular con la inducción electromagnética [6]. El electromagnetismo es un tema abstracto para los alumnos, pero que forma parte fundamental de su vida diaria (luz eléctrica, dispositivos móviles, telecomunicaciones, radio, televisión, electrodomésticos, ...). En este sentido, podemos conseguir que el alumnado se enganche al proceso de enseñanza sobre el electromagnetismo, o refuerce su aprendizaje, si usamos objetos o fenómenos de su vida diaria, como los electrodomésticos o la electrónica de consumo [7,8,9]. En nuestro caso, vamos a ligar el electromagnetismo con la música y el sonido, construyendo sencillos equipos de sonido cuyo funcionamiento se explica mediante las leyes del electromagnetismo y cuyo ingrediente principal es un sencillo motor eléctrico de juguete.

LA FÍSICA DEL MOTOR ELÉCTRICO DE JUGUETE

Un motor eléctrico de juguete es un dispositivo barato y fácil de encontrar, que vamos a utilizar para enseñar y aprender sobre electromagnetismo. Básicamente, y sin entrar en detalles, un motor consta de unos imanes permanentes y una bobina de hilo de cobre que envuelve un marco de metal. Cuando el motor está conectado a una batería, una corriente eléctrica pasa a través de la bobina y el marco metálico se magnetiza (ley de Ampère del electromagnetismo). El bastidor se convierte en un electroimán, que es repelido o atraído por los imanes permanentes, lo que provoca el giro del eje del motor. Por lo tanto, se está transformando la energía eléctrica en energía mecánica.

Sin embargo, si movemos mecánicamente el marco metálico, se induce un voltaje en la bobina, debido a su movimiento relativo en el campo magnético de los imanes permanentes (ley de inducción de Faraday del electromagnetismo): el motor se convierte en un generador eléctrico. El marco metálico se puede mover girando el eje del motor, como ocurre en las turbinas eléctricas de las centrales eléctricas, donde la energía mecánica proporcionada por el viento, el agua (hidroeléctrica) o el vapor de agua (centrales térmicas o nucleares) se utiliza para generar electricidad.

En este trabajo, el movimiento relativo entre la bobina y los imanes permanentes se logrará mediante vibración en lugar de rotación. Dado que la música es el arte de producir vibraciones agradables al oído, el motor de juguete pasará a formar parte de distintos dispositivos asociados a la música: un altavoz y un micrófono.

Las demostraciones de laboratorio sobre inducción electromagnética suelen utilizar galvanómetros o voltímetros para medir los campos electromagnéticos inducidos por un cambio en el flujo magnético a través de un conductor eléctrico. En este trabajo, los instrumentos de este laboratorio serán reemplazados por un altavoz amplificado, que permitirá escuchar los campos electromagnéticos generados o recibidos por el motor de juguete. Esta estrategia sin duda aumentará la curiosidad y el compromiso de los estudiantes con este tipo de demostraciones.

DESCRIPCIÓN DE LAS DEMOSTRACIONES

El componente clave de las demostraciones diseñadas en este trabajo es el motor eléctrico de juguete; cualquier motor en el rango de los 3.5 V puede servir; incluso los pequeños motores de los cepillos de dientes eléctricos. El motor eléctrico no se va a conectar a una batería mediante un cable conductor; en nuestro caso, usaremos un cable de audio, con un jack en uno de sus extremos y el motor conectado al otro extremo (ver **Figura 1**). De esta manera, podremos conectar el jack a un altavoz amplificado para 'escuchar' la señal eléctrica generada por el motor, o podremos conectar el jack a la salida de un equipo de audio para observar la respuesta del motor. Para facilitar la manipulación del motor, lo hemos pegado a una pinza.

En la primera demostración, vamos a construir un altavoz. Lo interesante de esta experiencia es que se puede aprovechar para hablar no sólo de electromagnetismo, sino de la naturaleza propia del sonido. El sonido audible por el ser humano corresponde a vibraciones de las moléculas de aire (u otro elemento) que son detectadas y procesadas por el sistema auditivo. Las moléculas de aire vibran en respuesta a la vibración de algún sistema físico. En el caso de un altavoz, la membrana es la componente que vibra; por lo tanto, podemos construir un simple altavoz usando un trozo de papel de aluminio e incluso un trozo de papel. Para hacer que el papel vibre, lo conectaremos a las pinzas del motor eléctrico (ver **Figura 2**) y este, a su vez, a través del jack de audio, a un equipo de sonido, que puede ser un ordenador, un smartphone o un equipo de música.



Figura 1: A la izquierda se muestra la conexión básica del motor eléctrico a un cable de audio. A la derecha se pueden observar las dos configuraciones de conexión del motor: desde un equipo de sonido (como un ordenador) al motor y desde el motor (en este caso como parte de una guitarra eléctrica básica) a un altavoz amplificado.

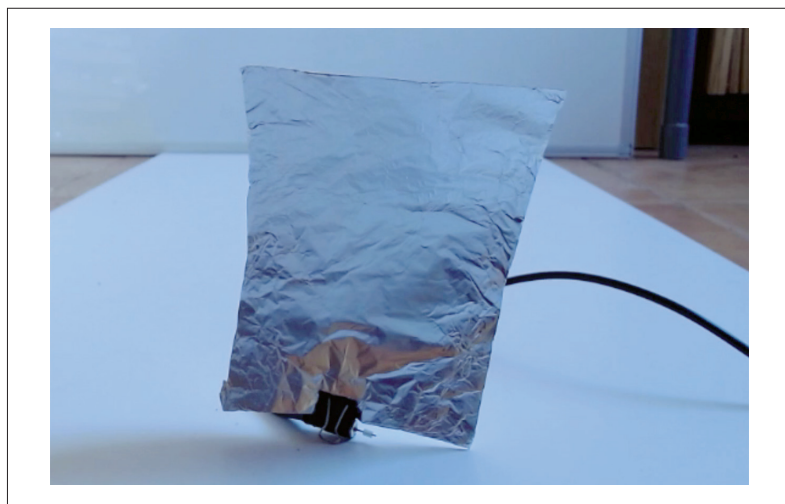


Figura 2: Imagen del altavoz. El trozo de papel de aluminio está conectado a un motor eléctrico de un cepillo de dientes mediante una pinza metálica. El motor está soldado a un cable de audio en un extremo, mientras que en el otro extremo hay un jack de audio conectado a un equipo de sonido (en este caso un ordenador).

El conjunto de fenómenos físicos que ocurre es realmente interesante. Ponemos una canción en el equipo de sonido; esta pasa a través del cable de audio como una corriente eléctrica que, al llegar a la bobina de cobre del motor, magnetiza el marco metálico (como explica la ley de Ampère del electromagnetismo). El campo magnético del marco metálico no es constante, ya que la corriente eléctrica no es constante (varía con la canción que emite el equipo de sonido), por lo que se verá constantemente atraído y repelido por los imanes permanentes del motor. Esto hace que el motor vibre y, como está pegado al trozo de papel de aluminio por las pinzas, hará que el papel también vibre y por ello el aire, que será detectado por nuestro oído, que identificará la canción que emitía el equipo de música.

El docente podrá ir describiendo paso a paso todo el proceso, o podrá pedir al alumnado que interprete lo que está ocurriendo. El hecho de que suene música en un trozo de papel de aluminio pegado a un motor eléctrico causa una reacción de incredulidad y asombro en el alumnado, que debemos usar para engancharlos al proceso de enseñanza/aprendizaje.

La segunda demostración es muy parecida a la anterior, y causa aún más asombro en el alumnado al comprobar que el proceso inverso al descrito con el altavoz, permite explicar el funcionamiento de un micrófono. En este caso, el jack de audio no se conecta a un equipo de sonido, sino a un altavoz amplificado (como los usados con las guitarras eléctricas), para poder escuchar la corriente eléctrica generada por el motor (ver **Figura 3**). Para mejorar la calidad de la señal producida, el papel de aluminio envuelve la apertura de un tubo de PVC. Hablamos a través de la otra apertura del tubo y, de esa manera, amplificamos el sonido, la vibración del trozo de papel y, por ello, la vibración de la bobina del motor respecto a los imanes permanentes. El movimiento de la bobina en el campo magnético de los imanes permanentes generará un voltaje en el motor (ley de inducción de Faraday del electromagnetismo) que se transmitirá por el cable de audio hasta el altavoz amplificado. El altavoz transformará la corriente eléctrica que proviene del motor en sonido: el de nuestra voz cuando le hablamos al papel de aluminio.



Figura 3: Imagen del micrófono. Un trozo de papel de aluminio envuelve uno de los extremos de un tubo de PVC. Un motor eléctrico de cepillo de dientes se mantiene pegado al papel de aluminio mediante un imán localizado en la cara del papel de aluminio que da al interior del tubo. El motor está soldado a un cable de audio en un extremo, mientras que en el otro extremo hay un jack de audio conectado a un altavoz amplificado.

La misma idea en la que se basa la demostración del micrófono, fue usada por [10] para construir una guitarra eléctrica. En este caso, la vibración producida en el papel de aluminio por la voz es sustituida por la vibración producida en un palo de madera por una cuerda, a modo de guitarra.

PUESTA EN PRÁCTICA

Las demostraciones que se han descrito en este trabajo han sido puestas en práctica en diversos contextos educativos, que van desde educación primaria a varios grados universitarios. En total, unos 1200 alumnos han atendido a estas actividades. En todos los casos, destacamos el asombro que producen estas actividades en el alumnado, lo que impulsa significativamente su nivel de participación. El enganche del alumnado es el principal resultado de estas experiencias, por lo que se aconseja al profesorado interesado en utilizarlas que lo tenga en cuenta a la hora de incluirlas como parte de alguna situación de aprendizaje. A continuación enumeramos algunas ideas prácticas a la hora de utilizar estas demostraciones.

- i) En educación primaria y primera etapa de secundaria [11,12], el altavoz o el micrófono son muy buenos ejemplos para hablar sobre transformaciones de energía: de mecánica a eléctrica, de eléctrica a sonora, etc. También pueden utilizarse para definir lo que es el sonido y sus cualidades y, por supuesto, para hablar de música. La guitarra eléctrica que se describe, es un recurso muy interesante para hablar de los fundamentos básicos de la música, como los tipos de instrumentos, los fundamentos matemáticos de la música, la escala musical, etc. De las encuestas de valoración realizadas al alumnado, aparecen algunas conclusiones interesantes:
 - Los alumnos entienden con mayor claridad la relación causa-efecto entre vibraciones (por ejemplo las cuerdas de la guitarra o el papel de aluminio) y sonido.
 - Comprenden que los procesos físicos se explican como transformaciones de distintos tipos de energía.
 - El alumnado comprende el origen de las escalas musicales y su íntima relación con las matemáticas (fracciones).
 - Destacan que es muy interesante mezclar las ciencias con la música, las matemáticas o la historia.
 - Destacan lo sorprendente de las actividades y lo inesperado de sus resultados.
- ii) En los últimos cursos de secundaria y bachillerato [12], estas demostraciones permiten cubrir gran parte del contenido sobre electromagnetismo del currículo. La descripción paso a paso por parte del docente de los distintos procesos físicos involucrados, o la participación por parte del alumnado en esa descripción permiten afianzar estos contenidos de una manera rigurosa y por medio de un recurso innovador como es la música en la física. De las encuestas de valoración realizadas al alumnado, destacamos:
 - Los alumnos demandan más actividades de este tipo.
 - Al igual que con alumnos más jóvenes, destacan lo sorprendente de las actividades y lo inesperado de sus resultados.
 - Un porcentaje significativo de este alumnado afirma que con estas actividades han comprendido finalmente el concepto de inducción electromagnética y la relación entre electricidad, magnetismo y sus variaciones espaciales y temporales.
- iii) En el Grado de Maestro en Educación Primaria de la Universidad de La Laguna, la utilización de estas demostraciones permite al alumnado conocer de primera mano las posibilidades que ofrecen las actividades de tipo interdisciplinar, donde ciertos contenidos de las Ciencias Naturales pueden impartirse desde la Música y, esta última, describirse desde las Matemáticas. En las encuestas de valoración de las asignaturas del Grado de Maestro en Primaria, estas actividades están entre las más valoradas (y demandadas por los alumnos). Destacan que con este tipo de demostraciones han podido conocer otra forma de enseñar y aprender ciencias y, como futuros profesores, lo importante que es tener una sólida formación de base.
- iv) En los Grados de Matemáticas y Física de la Universidad de La Laguna, se han llevado a cabo estas demostraciones con igual éxito que para los otros niveles educativos. Del asombro inicial del alumnado se pasa al tratamiento riguroso de los fenómenos que ocurren, utilizando en este caso las expresiones integrales o diferenciales de las leyes del electromagnetismo, así como el tratamiento de la música como series temporales que pueden ser analizadas mediante teoría de Fourier.

En resumen, las demostraciones que se han desarrollado en este trabajo permiten captar la atención del alumnado, lo que incrementa su participación en el proceso de enseñanza/aprendizaje, así como un mejor entendimiento de los contenidos científicos que se intentan impartir.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del proyecto agradecen al Centro del Profesorado del Norte de Tenerife su constante apoyo para poder acercar al profesorado de Canarias los recursos educativos que se desarrollan desde el Departamento de Didácticas Específicas de la Universidad de La Laguna. En particular, muchas gracias a Valentín Rodríguez y Cristian García.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] OCDE (2019) Education at a Glance. [En línea], disponible en <http://dx.doi.org/10.1787/f8d7880d-en> [Consultado el 1/03/2021].
- [2] FECYT (2021) Informe Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2020, [en línea], disponible en https://icono.fecyt.es/sites/default/files/filepublicaciones/21/percepcion_social_de_la_ciencia_y_la_tecnologia_2020_informe_completo_0.pdf [consultado el 12/07/2021].
- [3] ULL (2021) Pruebas de Acceso a la Universidad, [en línea], <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/5676/recent-submissions?offset=0> [consultado el 12/07/2021].
- [4] FERRARI, A., CACHIA, R., PUNIE, Y. (2009) Innovation and Creativity in Education and Training in the EU Member States: Fostering Creative Learning and Supporting Innovative Teaching, JRC Technical Notes, (Publication of the European Community 2009), [en línea], disponible en <https://www.kent.ac.uk/teaching/documents/academic-practice/Established%20Teaching%20Staff/Innovation%20in%20teaching%20and%20creativity%20in%20learning.pdf> [consultado el 12/03/2020].
- [5] PRYTZ, K. (2015) A laborative model of geomagnetism as an example of creative learning. *Phys. Educ.* 50, 699-705
- [6] JELICIC, K., PLANINIC, M., PLANINSIC, G. (2017) Analyzing high school students' reasoning about electromagnetic induction. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 13, 010112, 1-18.
- [7] HEINRICH, V. (2018) Motivating Non-science Majors: The Technology of Electromagnetic Waves. *Phys. Teach.* 56, 29-31.
- [8] OVERDUIN, J., MOLLOY, D., SELWAY, J. (2014) Physics Almost Saved the President!. *Phys. Teach.* 52, 137-139.
- [9] HELLER, P. (1997) Drinking-cup loudspeaker— a surprise demo. *Phys. Teach.* 35, 334-334.
- [10] EFF-DARWICH A. (2018) La Música de los Campos Electromagnéticos, [en línea], disponible en <https://cienciaenaccion.org/experimento/la-musica-de-los-campos-electromagneticos/> [consultado el 12/04/2020].
- [11] BOE (2014a) Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria, [en línea], disponible en <https://www.boe.es/buscar/pdf/2014/BOE-A-2014-2222-consolidado.pdf> [consultado el 12/04/2020].
- [12] BOE (2014b) Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, [en línea], disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf> [consultado el 12/04/2020].

EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE BASADO EN JUEGOS COMO HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA EN 3º DE LA ESO

Lorena Fernández Arévalo y Eugenia García García

Facultad de Educación-CFP, Madrid (España).

Dirección de correspondencia: lorenaferare@gmail.com

Palabras clave: juego; aprendizaje; educación; motivación; colaboración.

Keywords: game; learning; education; motivation; collaboration.

Resumen

El sistema educativo se encuentra, como reflejo de los cambios en la sociedad, en constante transformación. En este contexto, el presente trabajo aporta datos a favor de la utilización del aprendizaje basado en juegos (ABJ) como metodología alternativa, motivadora y eficaz para la enseñanza de la biología. Para ello, se toman como muestra dos grupos de 3º de la E.S.O. y se evalúan los resultados obtenidos antes y después de la utilización del juego como recurso educativo. A partir de los datos recogidos, evaluados utilizando estadística tanto descriptiva como analítica, se concluye que el ABJ no sólo favorece el rendimiento académico del alumnado, sino que también trabaja competencias sociales y fomenta el desarrollo de la creatividad.

Abstract

Educational system is constantly changing as a reflection of the changes in society. In this context, this document provide data in favour of the use of games-based learning (GBL) as an alternative, motivating and effective methodology for the teaching of Biology. To this purpose, two groups of students from the 9th grade of Secondary School are taken as sample and the results obtained before and after the use of the game as an educational resource are evaluated. From the data collected, evaluated using both descriptive and analytical statistics, it is concluded that the GBL not only improve the academic performance of students, but is also useful to work on social skills and fosters the development of creativity.

NOTA ACLARATORIA:

En este trabajo se ha elegido utilizar términos femeninos para referirse al conjunto de personas, integrado por mujeres, varones y otras identidades de género, sin intencionalidad alguna de discriminación y con la única finalidad de facilitar la lectura desde una perspectiva inclusiva.

I. CONTEXTUALIZACIÓN

Durante muchos años, la educación formal ha sido concebida como la transmisión unidireccional de conocimientos, de docente a alumnado, dificultando el aprendizaje entre pares y tomando la figura docente como poseedora del conocimiento absoluto. Afortunadamente, en la actualidad, cada vez son más las que apuestan por una enseñanza multidireccional, integradora, que fomente la reflexión, la (auto)crítica constructiva, la cooperación y el desarrollo personal del alumnado, abriendo paso a la concepción de la educación como herramienta constructora (y no como transmisora) de conocimientos.

Este cambio en el paradigma educativo ha propiciado la aparición de nuevas metodologías y recursos didácticos y es que, hoy en día, el protagonismo del tradicional libro de texto queda, cada vez más a menudo, postergado a papeles secundarios. En este contexto, la utilización del juego como recurso en la educación formal ha tenido un importante auge en los últimos años, debido a su carácter lúdico y motivador [1] pero, especialmente, a la acción mental continua que implica, que repercute en una mejora del rendimiento académico y facilita un aprendizaje integral y valioso [2-4].

La aplicación de metodologías que incluyan el juego (aprendizaje basado en juegos o ludificación) como aliciente motivacional tiene especial relevancia en las disciplinas científicas dado que, si bien es cierto que el valor de la ciencia en la sociedad actual es un hecho indiscutible, hay artículos [5, 6] que señalan que el estudio de las disciplinas científicas ha sufrido un importante retroceso en los últimos años.

Aunque el uso del juego en la enseñanza de la biología va adquiriendo notoriedad paulatinamente, en la mayoría de las ocasiones éste se ve limitado a la acción de jugar, siendo la docente quien diseña y elabora el juego. En esta ocasión, es el alumnado quien participa de forma activa en todo el proceso, desde el esbozo inicial del juego hasta su utilización (pasando por la creación, la maquetación, la presentación y la explicación del mismo a sus compañeras).

Este trabajo nace de la voluntad de contribuir al cambio educativo, de apostar por metodologías activas, participativas y colaborativas que fomenten el pensamiento crítico y doten de protagonismo al alumnado en el proceso de aprendizaje. El centro educativo en el que se realiza este proyecto defiende y fomenta esta visión pedagógica, por lo que ha resultado ser motor de inspiración.

2. OBJETIVOS

Aplicando la metodología del aprendizaje basado en juegos, los objetivos específicos se listan a continuación:

- Poner de manifiesto la aplicabilidad del ABJ en la enseñanza de las ciencias en la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria.
- Mejorar la visión del alumnado sobre la asignatura de biología y aportar datos a favor de la utilización del aprendizaje basado en juegos como herramienta de aprendizaje integral.
- Analizar el aprendizaje de conceptos relacionados con el sistema nervioso utilizando el juego como recurso educativo.
- Analizar la idoneidad didáctica de la metodología utilizada.

3. HIPÓTESIS

Durante el proceso de diseño, confección y utilización del juego didáctico como recurso educativo el alumnado logrará adquirir los conocimientos básicos referentes al sistema nervioso de forma activa y participativa. Se espera, también, que el proceso de creación y elaboración del juego combinado con la propia acción de jugar contribuya al grado de idoneidad de esta metodología tanto en el aprendizaje como en la adquisición de diversas competencias.

4. METODOLOGÍA

4.1 Muestra

El estudio se desarrolló con una muestra de dos grupos de 3º de la ESO en la asignatura de Biología y Geología, concretamente en la unidad didáctica del Sistema Nervioso. Los grupos, pese a ser iguales en cuanto a número de alumnado (28 personas), diferían tanto en su composición como en la metodología que se solía usar en ellos:

El grupo A incluía personas pertenecientes al Programa de Mejora del Aprendizaje y Rendimiento (PMAR) y una persona de altas capacidades. En este grupo, solía haber dos docentes en el aula y el alumnado estaba acostumbrado a una metodología que introduce actividades participativas que promueven la autonomía, el debate y la reflexión.

En el grupo B, por el contrario, no había personas que necesitasen de una adaptación educativa concreta y, por ello, sólo había un docente en el aula. Además, en este grupo el alumnado estaba habituado a una metodología en la que predominan sesiones magistrales muy guiadas.

4.2 Diseño experimental y secuenciación

4.2.1 Introducción del proyecto, control inicial e introducción al sistema nervioso.

Para poder ajustar el temario al currículum y a la temporización prevista por las tutoras del centro, se subdividió el temario en 6 subtemas: función de relación, encéfalo, neurona y sinapsis, sistema nervioso central (SNC) sistema nervioso periférico (SNP) y hábitos saludables. De esta forma, al dividir también a las estudiantes en 6 grupos heterogéneos (en cuanto a nivel académico y habilidades sociales), cada uno de ellos pudo elaborar el juego correspondiente a una de las partes.

Con el objetivo de evaluar los conocimientos previos que el alumnado poseía antes de iniciar el tema y poder compararlos con aquellos que mostraban al finalizar las sesiones programadas, el alumnado realizó un control inicial que incluía preguntas diversas y en el que cada uno de los subtemas anteriormente mencionados tenía el mismo peso (1,5 puntos), facilitando así su posterior comparación.

A continuación, se realizó una breve exposición general sobre el sistema nervioso para ofrecer soporte, junto con el libro de texto de la asignatura (y otros recursos que el mismo alumnado buscaría), para la creación de sus juegos.

4.2.2 Clases preparatorias

Una vez establecidas las pautas, se dedicaron varias sesiones (4 en el grupo A y 3 en el B, debido a factores externos) al diseño y la elaboración de los juegos. Para ello, se les entregó una ficha con aquellos contenidos que debían quedar reflejados en cada juego. Durante estas sesiones, el alumnado participó en un aprendizaje colectivo y auto-gestionado. La creación de los juegos incentiva la capacidad investigativa y de autogestión del alumnado e impulsa su creatividad, iniciativa y autonomía, ya que el papel del profesorado fue, en su mayoría, de acompañamiento y orientación.

4.2.3 Clases prácticas

Cuando los juegos estuvieron preparados, se dedicaron otras sesiones a jugar (1,5 en el grupo A y 1 en el grupo B). Una persona de cada grupo era la encargada de explicar la dinámica del juego a sus compañeras de clase y profundizar en los contenidos de ese subtema concreto. Para facilitar que todas las personas jugaran a todos los juegos, se establecieron varias rondas en las que los grupos rotaban. En este caso, la función docente era la de dinamizar y controlar los tiempos y, ocasionalmente, clarificar algunos conceptos.

4.2.4 Control final y valoración

Con el único fin de evaluar los conocimientos académicos adquiridos durante las sesiones anteriores y poder determinar la adecuación de esta metodología en el modelo de educación actual, se realizó una prueba individual de conocimientos exactamente igual a la inicial. Ésta se efectuó sin previo aviso, para minimizar que los resultados pudieran verse alterados por el posible estudio previo por parte del alumnado. Además, res-

pondieron un cuestionario de valoración anónimo en los que se tenían en cuenta diferentes aspectos. Estos datos fueron utilizados para valorar la idoneidad didáctica del ABJ en esta ocasión.

4.3 Análisis estadístico

Los datos obtenidos de los diferentes cuestionarios se han tratado, principalmente, mediante un análisis descriptivo ya que, además de ofrecer información característica sobre la muestra, permiten una representación gráfica sencilla y clara. Con el fin de verificar las posibles diferencias entre los grupos se ha utilizado la prueba de la U de Mann-Whitney. Todas las pruebas estadísticas del estudio se han realizado con el programa estadístico XLSTAT (2019.1.3).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Valoración cognitiva

A partir de los datos obtenidos en este trabajo (**figura 1**) se observó que, pese a la existencia de diferencias entre los grupos, el nivel de aprendizaje fue positivo y similar en ambos casos.

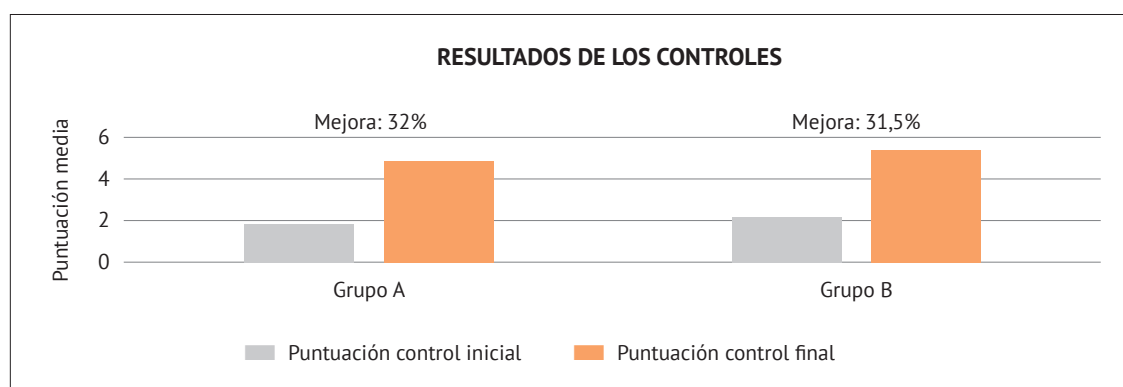


Figura 1. Promedios de los resultados obtenidos en los controles (inicial y final) y mejora en ambos grupos analizados.

Habiendo utilizado el juego como, prácticamente, único recurso educativo, el alumnado ha logrado adquirir conocimientos específicos sobre el tema tratado, consiguiendo, por tanto, alcanzar uno de los objetivos principales de la educación. De esta forma, este estudio coincide con otros [3, 4, 7] que recalcan la capacidad de los juegos educativos como excelentes herramientas docentes, pudiendo ser aprovechados para la consecución de objetivos académicos.

El resultado obtenido puede tener su origen en el factor sorpresa, ya que se trata de una metodología poco utilizada en la educación secundaria [8] y resulta novedosa para el alumnado sujeto de estudio. Según Torrens [9], la sorpresa se relaciona con la atención, la motivación y la sensación de bienestar. Como el aprendizaje basado en el juego destaca por su capacidad motivacional [1], se generan actitudes positivas hacia la actividad, lo que provoca que se aprenda eficientemente.

En referencia a la implementación del proceso de creación del juego como valor añadido al aprendizaje, puede observarse cómo, en la mayoría de los casos, el alumnado que ha trabajado un subtema concreto obtiene mejores resultados en éste que el resto del alumnado. Es decir, se aprende más creando el juego que simplemente jugando (**ver figura 2 y figura 3**). No obstante, en algunos casos (subtemas Encéfalo y Hábitos en el grupo A y Función de relación en el grupo B), los resultados han sido similares o incluso ligeramente inversos. Los factores que pueden haber influido en que unos subtemas se aprendiesen mejor que otros son: la tipología del juego y su diseño, la adecuación de los juegos a los contenidos estipulados, la capacidad comunicativa de cada estudiante, y la capacidad de aprendizaje y facilidad (o no) que representan para la resolución de exámenes.

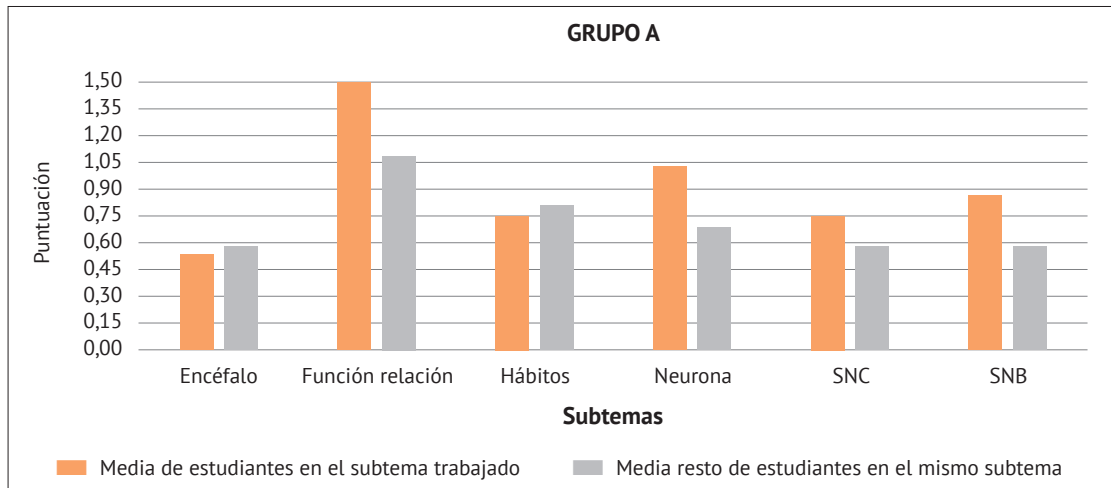


Figura 2. Puntuación media por subtemas del grupo A. Se muestra la puntuación media obtenida por las estudiantes que crearon el juego del subtema concreto (naranja) y la media obtenida en el mismo subtema por el resto de estudiantes (gris).

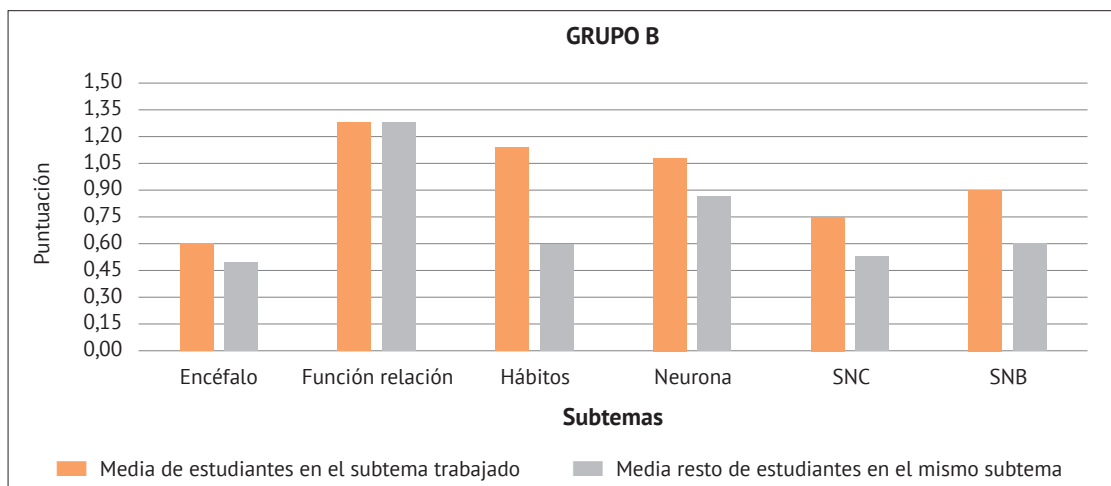


Figura 3. Puntuación media por subtemas del grupo B. Se muestra la puntuación media obtenida por las estudiantes que crearon el juego del subtema concreto (naranja) y la media obtenida en el mismo subtema por el resto de estudiantes (gris).

Los formatos elegidos por el alumnado en la elaboración de los juegos fueron variados: tipo cuestionario (preguntas de respuesta múltiple con tableros de casillas), asociación de conceptos con sus respectivas definiciones tipo Conecta, adaptaciones de juegos tipo Virus, Tabú o *Escape Room* (ilustración 1).



Ilustración 1. Ejemplos y diversidad de los juegos elaborados. De izquierda a derecha, de arriba a abajo: cuestionario, adaptación de Virus, Tabú, *Escape room*, asociación de conceptos tipo Conecta.

5.2 Idoneidad didáctica y aprendizaje competencial

A partir de las valoraciones que el alumnado completa al finalizar las sesiones, se categorizan los datos con el fin de valorar la idoneidad didáctica desde los 6 puntos de vista: cognitivo, epistémico, ecológico, afectivo, mediacional e interactivo. El intervalo de puntuación se encuentra entre el 1 y el 5 y los resultados obtenidos se muestran en la **figura 4**. En ella puede observarse una diferencia a nivel general entre los dos grupos. Al realizar la prueba de Mann-Whitney se considera que estas diferencias son significativas. El alumnado del grupo A valoró que la aplicación del juego como recurso educativo fue eficaz (siendo la puntuación media de 4 puntos sobre 5), mientras que el grupo B, aunque valoró que es adecuada (puntuación media de 2.9 sobre 5), consideró que era conveniente ajustarla y mejorarla, especialmente en aquellos aspectos relacionados con la variable ecológica (adaptación de la metodología al entorno y al contexto actual). De estos datos se extrae, también, que las variables mejor valoradas

en ambos casos son la cognitiva (relacionada con los contenidos académicos trabajados y las aptitudes) y la afectiva (relacionada con la implicación, motivación, actitudes, emociones).

Las notables diferencias encontradas entre ambos grupos en cuanto a la idoneidad didáctica pueden tener su origen en la relación docente-estudiante. En el caso del grupo A, el alumnado conocía a la docente que llevó a cabo el estudio por haber realizado un periodo de prácticas previo en su grupo. De este modo, la relación socio-afectiva entre la docente y el alumnado del grupo A fue mayor que en el grupo B, con el que únicamente participó para el desarrollo del estudio. Esto concuerda con el informe PISA de 2012 [10], donde se revela que las relaciones positivas y constructivas entre el profesorado y el alumnado juegan un papel fundamental en la actitud de estos últimos hacia el aprendizaje y, por eso, la idoneidad didáctica de la metodología va muy ligada a ella.

En cuanto a la utilización del ABJ como herramienta para el aprendizaje y la adquisición de competencias, se evaluaron

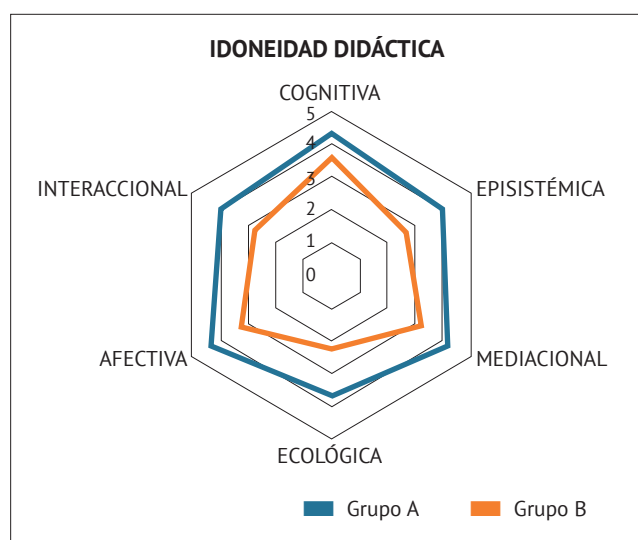


Figura 4. Idoneidad didáctica según el alumnado del Grupo A (azul) y el Grupo B (naranja).

seis aspectos: autoestima, resolución de problemas, compañerismo, auto-aprendizaje, capacidad comunicativa y creatividad. Estos datos fueron recogidos a partir del mismo cuestionario de valoración mencionado anteriormente. Para el grupo A, el compañerismo y la capacidad comunicativa son los dos aspectos que resultan más favorecidos tras la aplicación del ABJ. En contraste, para el grupo B, ha sido la resolución de problemas. Ambos grupos destacan el potencial de esta metodología para desarrollar la creatividad y otorgan su puntuación más baja a la mejora de la autoestima.

5.3 Percepción general del alumnado

Continuando con el análisis de las respuestas de la valoración anónima, los resultados subrayan aún más las diferencias entre ambos grupos. Tanto para la pregunta “¿Crees que este tipo de metodología favorece el interés por la asignatura?” (ver **figura 5**) como para la pregunta “¿Hubieras preferido una clase magistral?” (ver **figura 6**), el grupo A otorga mayor valor a la metodología utilizada que el grupo B.

La última de las cuestiones analizadas es la valoración global del alumnado. En ella, también se reflejan diferencias entre los dos grupos de estudio. Para el grupo A la valoración es bastante buena, adjudicando, de media, una puntuación de 4.3 sobre 5 (el 95% otorga una puntuación igual o superior a 4). En consonancia con los resultados anteriores, la puntuación otorgada por el grupo B es inferior, situándose en un 3 (sólo el 30% otorga una puntuación de 4, nadie superior).

Estas diferencias llevaron a valorar el efecto de la metodología a la que el alumnado está acostumbrado. Cuando el alumnado está acomodado en el rol de “receptor de información” y no suele participar de forma activa durante el desarrollo de las sesiones (grupo B), es posible que, al introducir actividades que requieran más implicación por

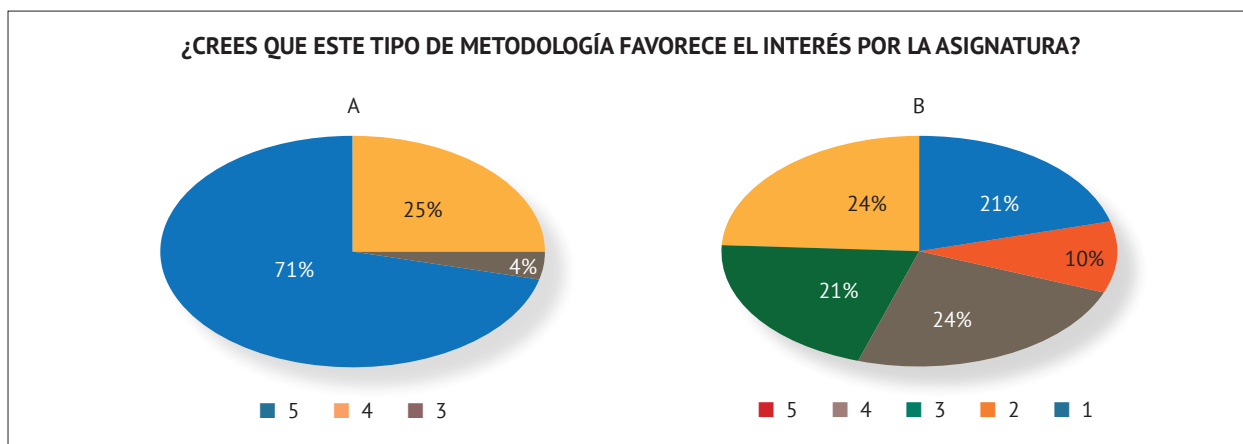


Figura 5. Respuestas obtenidas sobre el efecto de la metodología en el interés por la asignatura de los grupos A y B. Las respuestas se encuentran categorizadas en rangos del 1 al 5, donde 1=Muy en desacuerdo y 5=Muy de acuerdo.

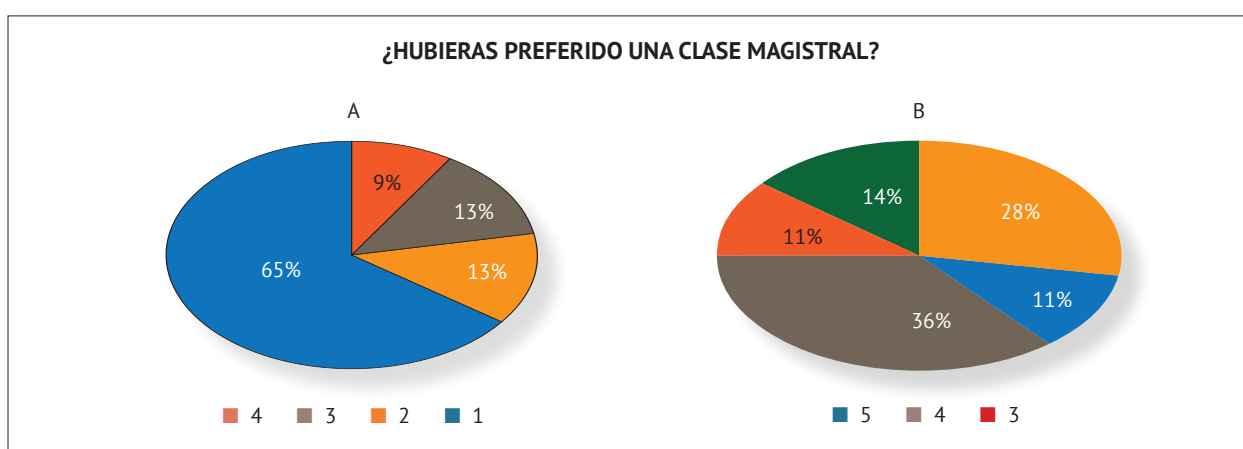


Figura 6. Respuestas obtenidas sobre la preferencia de la clase magistral sobre la utilización del juego en los grupos A y B. Las respuestas se encuentran categorizadas en rangos del 1 al 5, donde 1=Muy en desacuerdo y 5= Muy de acuerdo.

su parte exprese cierta incomodidad y rechazo. En relación a lo expresado, parte del alumnado del grupo B opinó que la metodología utilizada no es efectiva en cuanto al aprendizaje que proporciona. Sin embargo, sus resultados en el control final demostraron lo contrario. Para que cualquier aprendizaje quede bien fijado en el cerebro necesita de dos cosas: emociones y amplias conexiones neuronales [10]. En esta ocasión, las emociones fueron agri dulces (hubo cierto rechazo hacia las pruebas de control y el trabajo autónomo, pero disfrutaron del diseño y la actividad del juego), y utilizar una metodología cooperativa pudo haber favorecido la extensión de conexiones neuronales, y haber garantizado el aprendizaje.

Entre los aspectos que más han gustado al alumnado de ambos grupos destacan la propia acción de jugar (54%) y el proceso de creación (19%). En referencia a los aspectos que menos gustaron, y que consideraron oportunos mejorar; ambos grupos ponen de manifiesto la necesidad de una mayor disponibilidad temporal (44%) y expresan su preferencia por combinar el ABJ con clases magistrales (18%). El alumnado del grupo B, además, resalta su rechazo hacia la existencia de pruebas de tipo examen (23% del grupo) y considera que con este tipo de metodología no se aprende (15%).

6. FUTURAS LÍNEAS DE ACTUACIÓN

A raíz de la realización de este estudio, se considera necesario continuar investigando los efectos del ABJ en la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria, donde aún son especialmente desconocidos. Puesto que la gran mayoría de aplicaciones del ABJ se restringe a la acción práctica de jugar, sería conveniente realizar más

estudios que se centren, también, en el proceso de elaboración del juego y en cómo éste puede repercutir tanto en el desarrollo personal del alumnado como en su rendimiento académico. Otra línea de investigación podría basarse en estudios comparativos entre diferentes colectivos de estudiantes para comprobar si existe algún indicio de relación entre el tipo de alumnado y los beneficios obtenidos del ABJ en cada caso.

Por último, se cree oportuno destacar la necesidad de incentivar un modelo de educación cooperativo, no sólo orientado hacia el alumnado, sino también y especialmente hacia el profesorado. Compartir las experiencias en la aplicación de diferentes estrategias educativas y poder trabajar de forma conjunta contribuye a un crecimiento exponencial de la disponibilidad de recursos y herramientas que como docentes podemos incorporar en las aulas y, como consecuencia, se traduce en una mayor posibilidad de éxito en nuestra labor educativa.

7. CONCLUSIONES

A partir del análisis de los resultados obtenidos, el estudio concluye que:

- El aprendizaje basado en juegos resulta útil en el favorecimiento del rendimiento académico en los dos grupos estudiados, aunque sería preferible no utilizarlo como único recurso y combinarlo con otras metodologías.
- El ABJ, además de favorecer el rendimiento académico, contribuye a un aprendizaje integral promoviendo el desarrollo de la creatividad, mejorando la capacidad comunicativa del alumnado y su habilidad para resolver problemas y facilitando las relaciones interpersonales.
- Involucrar al alumnado en la tarea docente y hacerle corresponsable de su propio aprendizaje resulta más motivador y efectivo en aquellos grupos que están habituados a metodologías participativas.
- Para la aplicación de esta metodología es necesario que tanto el alumnado como el profesorado muestren voluntad y pro-actividad y que se disponga del tiempo necesario.
- Las emociones y las relaciones socio-afectivas entre el alumnado y el profesorado afectan al grado de adecuación del ABJ.
- La utilización del juego como recurso educativo tiene efectos positivos en la percepción de la ciencia por parte del alumnado.
- Se requiere de una continuidad investigativa en esta línea educativa que permita conocer con mayor rigor científico cómo afecta la tipología del juego en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

REFERENCIAS

- [1] VÁZQUEZ-ALONSO, Á., MANASSERO-MAS, M.A. (2017) Juegos para enseñar la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Educación* 53(1), 149-170.
- [2] CORNELLÀ, P., ESTEBANELL, M., BRUSI, D. (2020) Gamificación y aprendizaje basado en juegos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 28(1), 5-19.
- [3] PONS GARCÍA, L., DE SOTO GARCÍA, I.S. (2020) Evaluación de una propuesta de aprendizaje basado en juegos de rol llevada a cabo en la asignatura de Cultura Científica de Bachillerato. *Revista de estudios y experiencias en educación* 19(39), 123-144.
- [4] MELO HERRERA, M.P., HERNÁNDEZ BARBOSA, R. (2014) El juego y sus posibilidades en la enseñanza de las ciencias naturales. *Innovación Educativa* 14, 41-63.
- [5] SOLBES, J., MONTSERRAT, R., MÁS, C.F. (2007) Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales* 21, 91-117.
- [6] GARCÍA-MOLINA, R. (2011) Presentación del monográfico sobre ciencia recreativa. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8, 365-369.

- [7]** HIERRO, L.M., SELLER, E.P. (2020) El aprendizaje basado en el juego como herramienta socioeducativa en contextos comunitarios vulnerables. *Revista Prisma Social* 30, 88-114.
- [8]** MUÑOZ, C., VALENZUELA, J. (2014) Escala de motivación por el juego (EMJ): estudio del uso del juego en contextos educativos. *RELIEVE. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa* 20 (1), 4.
- [9]** BUENO I TORRENS, D. (2019). *Neurociencia para educadores: Todo lo que los educadores siempre han querido saber sobre el cerebro de sus alumnos y nunca nadie se ha atrevido a explicárselo de manera comprensible y útil*. Ediciones Octaedro.
- [10]** ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (2013) *PISA 2012 results: ready to learn: students' engagement, drive and self-beliefs (volume III): preliminary version*. OECD, Paris, France.

UNA ACTIVIDAD EXPLOSIVA SOBRE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Alejandra Goded Merino¹, Antonio Eff-Darwich Peña^{1,2,3}

¹ Universidad de La Laguna, Tenerife (España)

² Instituto Astrofísico de Canarias, Tenerife (España)

³ Instituto Volcanológico de Canarias, Tenerife (España)

Dirección de correspondencia: alejandra.goded@gmail.com

Palabras clave: energía; educación primaria; educación secundaria; reacción química; método científico.

Keywords: energy; primary education; secondary education; chemical reaction; scientific method.

Resumen

En quinto de Primaria los alumnos del sistema español tienen su primer encuentro con el concepto de energía, presente ya cada curso hasta Bachillerato. Proponemos aquí una serie de actividades prácticas para 5º y 6º de Primaria que buscan facilitar la comprensión del concepto de energía y su relación con la vida cotidiana desde los primeros cursos. La actividad central utiliza una reacción con comprimidos efervescentes y tubos de carrete en la que el alumnado identifica y modifica algunas variables independientes con el fin de alterar la energía del sistema y observar cambios en la velocidad de la reacción.

Abstract

In the fifth year of the Spanish Primary School system, pupils have their first encounter with the concept of energy, which is present in every year up to the end of the Secondary School. We propose here a series of practical activities for the 5th and 6th grades of Primary School that aim to facilitate the understanding of the concept of energy and its relationship with everyday life from the first years. The main activity uses a reaction with effervescent tablets and film cans in which students identify and modify some independent variables in order to affect the energy of the system and observe changes in the speed of the process.

INTRODUCCIÓN

La energía es un concepto científico muy relevante para la sociedad actual. Resulta fundamental para la comprensión de los contenidos de ciencia en la Enseñanza Secundaria y algunas problemáticas sociales de la vida de los ciudadanos, como el calentamiento global, la producción y uso de energía en la industria y en los hogares, la medicina y las pseudoterapias, el desarrollo tecnológico, o las telecomunicaciones. La energía y su uso aparece en el currículo de Enseñanza Secundaria y Bachillerato de diferentes formas en más de un centenar de ocasiones en todas las asignaturas de ciencia y tecnología e incluso en historia contemporánea (industrialización) [1]. Resulta, por tanto, muy conveniente para el alumnado de Primaria asimilar el paradigma de la energía de forma significativa para así poder entender los procesos que formarán parte del currículo en años posteriores.

Además, una buena comprensión del concepto de energía puede favorecer las competencias de pensamiento crítico del alumnado [2]. La energía resulta central en la formación del pensamiento de los ciudadanos del futuro para comprender y ser actores de cambio en materias como el desarrollo social, tecnológico y ambiental [3, 4].

Por eso es fundamental un planteamiento metodológico de la enseñanza del tema de Materia y Energía que dé la oportunidad de poner a prueba los conceptos, hipótesis e ideas previas del alumnado y que ayude a relacionar un concepto abstracto e intuitivo con hechos reales y medibles.

Los comprimidos efervescentes y los tubos de carrete de fotos (*o film cans*) se utilizan juntos en las aulas de Secundaria desde la década de los 80 debido a que, combinados, dan lugar a un sistema con muchas variables físicas y químicas implicadas que posibilitan numerosas oportunidades de aprendizaje. Por un lado, al sumergir la pastilla en agua se origina un proceso que permite observar y analizar múltiples conceptos de química: la velocidad de reacción y los parámetros que influyen en ella, las leyes de los gases, la importancia del agua, las relaciones estequiométricas o las reacciones de neutralización [5, 6]. Por otro, los tubos de carrete tienen un sistema de cierre hermético que resiste altas presiones antes de hacer saltar la tapa. Esto produce un efecto vistoso y excitante que puede aprovecharse para fabricar pequeños cohetes y, al mismo tiempo, permite medir parámetros de física como la presión dentro del bote, la fuerza y la velocidad de eyección, o hablar de conceptos como el principio de acción y reacción [7, 8, 9].

Además, el bajo coste y familiaridad de los materiales unido al carácter lúdico de la generación de una reacción química explosiva la convierten en una actividad muy completa.

Existen numerosas propuestas en la bibliografía que pueden adaptarse a distintas metodologías prácticas. Sin embargo, la mayoría, si no todas, están orientadas al alumnado de Secundaria y solo con formato extracurricular pueden encontrarse propuestas dirigidas a Primaria, que no están adaptadas al currículo de Ciencias Naturales.

La que aquí se presenta con el título de *Botes saltarines* es una actividad de indagación en la que se utilizan los tubos de carrete y comprimidos efervescentes con un grupo de 5º o 6º de Primaria y que propone un enfoque orientado a tratar de forma práctica el concepto de energía y su relación con procesos de la vida cotidiana.

La actividad está orientada a lograr los objetivos de aprendizaje de conceptos y competencias del bloque de Materia y Energía del currículo de Ciencias de la Naturaleza para Primaria. Con el fin de ofrecer una experiencia de aprendizaje completa, se proponen algunas actividades para realizar conjuntamente y que son complementarias.

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS

Se proponen cuatro actividades prácticas que pueden impartirse dentro del bloque de Materia y Energía. Los objetivos generales son:

1. Conseguir un aprendizaje significativo del concepto de energía.
2. Mejorar las habilidades de investigación.

El planteamiento metodológico sigue algunas de las líneas del aprendizaje basado en la indagación [10, 11, 12]. La metodología de cada actividad se elige con el fin de introducir al alumnado en la práctica indagatoria de forma progresiva, como propone Bybee (2000) [13], partiendo de las actividades más estructuradas y guiadas para terminar con una actividad de indagación abierta. Con esto se busca que el alumnado:

- Adquiera una visión positiva, agradable y divertida de la ciencia.
- Compruebe que la ciencia está presente en todos los procesos de la vida cotidiana.
- Practique habilidades de trabajo en equipo, como la escucha activa y la toma de decisiones en común.
- Adquiera una visión de la ciencia como un trabajo en equipo y valore la importancia de la comunidad científica para compartir conocimientos y garantizar la fiabilidad de los resultados.
- Aplique conceptos e ideas abstractas sobre la energía a una situación concreta y medible.

- Identifique de forma efectiva las variables dependientes e independientes de un proceso.
- Plantee un diseño experimental orientado a la comprobación de una hipótesis y solo una.
- Comprenda que la mezcla de variables en un experimento conduce a resultados no concluyentes.
- Analice los resultados obtenidos y sea capaz de validar o invalidar sus propias hipótesis e ideas previas.

En la siguiente tabla se describen cuatro de las actividades propuestas y su enfoque metodológico. Para éste se ha utilizado la clasificación del Aprendizaje por Indagación propuesta por Martin-Hansen [14].

Tabla 2. Actividades propuestas para el bloque de Materia y Energía y su metodología.

Actividad	Descripción	Aproximación metodológica
1. Aire, ¿estás ahí?	Experimento en parejas en el que el alumnado puede utilizar diferentes materiales (globos, plumas, papel, pelotas...) para demostrar que una botella de plástico vacía contiene aire.	Indagación guiada: El docente propone la pregunta “¿Qué hay en esta botella?” y ayuda a identificar cada una de las fases del método científico que se van sucediendo. Las hipótesis, el diseño y el análisis del experimento se realizan el alumnado de forma autónoma.
2. El aire, ¿materia o energía?	A partir de las ideas previas del alumnado sobre las características de la materia y de la energía, el docente propone varios experimentos cortos a realizar en parejas o en gran grupo para investigar a cuál de las dos categorías pertenece el aire.	Indagación estructurada: El docente propone la realización de experimentos que demuestran que el aire ocupa lugar y habla del concepto de volumen. Indagación guiada: El alumnado propone pesar el aire para comprobar si tiene masa. El docente orienta a la construcción de una balanza y cómo calibrarla. El alumnado decide qué pesar en cada lado de la balanza. Indagación guiada: El docente propone la pregunta: “¿Puede el aire generar movimiento?”. El alumnado diseña, realiza y expone sus experimentos.
3. Botes saltarines	Partiendo de las ideas previas sobre los tipos de energía, el alumnado identifica las variables independientes que influyen en la velocidad de reacción de un comprimido efervescente dentro de un tubo de carrete. Se hacen experimentos en grupo para comprobar la dependencia del tiempo de reacción con una de las variables por separado.	Indagación guiada: La pregunta de cómo aumentar la energía de la reacción surge de forma natural, pero el docente la orienta hacia la identificación de las variables independientes y su relación con los tipos de energía. El alumnado propone sus experimentos. El docente da algunas indicaciones sobre el aislamiento de variables, pero deja lugar al error.
4. Cohetes de agua	Construcción de un cohete de agua en grupo. El alumnado identifica las variables independientes que influyen en la altura que alcanza el cohete y proponen experimentos para encontrar la combinación óptima.	Indagación abierta: El alumnado elige, diseña y lleva a cabo su investigación de forma autónoma.

EXPERIMENTO

El experimento en que se basa la actividad consiste en introducir un comprimido efervescente en un recipiente hermético con agua y esperar a que el aumento de presión en el recipiente haga saltar la tapa. Los recipientes utilizados son los antiguos botes de carrete de fotos (para buscarlos, se recomienda usar las palabras en inglés *film can*), que resultan especialmente útiles porque la tapa cerrada resiste una alta presión que en condiciones iguales produce resultados similares.

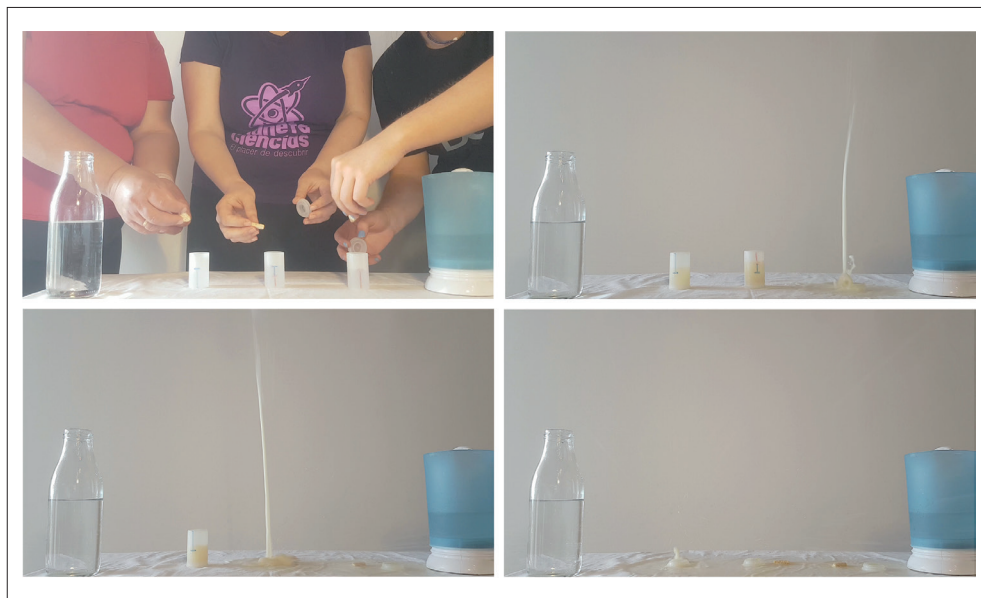


Figura 1. Ejemplo de experimento en el que las tres reacciones se inician simultáneamente para comparar sus velocidades.

EXPOSICIÓN DE IDEAS PREVIAS

Las actividades *Aire, ¿materia o energía?* y *Botes saltarines* parten de las ideas previas del alumnado sobre la energía. Esta fase de la actividad es fundamental, pues es la que permite relacionar los conceptos abstractos con situaciones reales, medibles y familiares y lograr así un aprendizaje significativo del concepto de energía, sus tipos y transformaciones.

En la primera actividad se realiza un mapa mental con dos columnas, donde se escriben las que consideran que son características de la materia y de la energía. En la fase de experimentación los alumnos y alumnas realizan experimentos relacionados con el aire que permiten determinar algunas de las características nombradas. Para concluir, se hace una revisión de la lista en la que se explican los conceptos confusos y los errores, principalmente la idea de que la capacidad del aire para mover objetos es una característica de la energía. Se utiliza esta confusión para introducir el concepto de transformación de la energía y se explica la transmisión de movimiento como un choque de objetos materiales.

En el caso de los *Botes saltarines*, se pide enumerar los tipos de energía conocidos. Esto sirve para identificar confusiones entre lo que es un tipo de energía y una fuente de energía. Se aprovecha este error para hacer un ejercicio de agrupación de diferentes tipos y fuentes de energía dentro de una misma categoría. Por ejemplo, la energía eólica y la maremotriz entrarían ambas en la categoría de energía cinética.

En ambos casos se hace una revisión de las ideas previas después de la realización del experimento. El objetivo es generar un aprendizaje reflexivo del concepto de energía a lo largo de toda la actividad. Así, el alumno o alumna pasa por los siguientes escalones:

Ideas previas: Partiendo de una exposición, el alumno/a identifica sus ideas previas y las amplía con las de sus compañeros/as.

Emisión de hipótesis: El alumno/a analiza las ideas previas de forma razonada a través de la emisión de hipótesis y las compara con las observaciones de su experiencia cotidiana.

Experimento: El alumno/a comprueba sus hipótesis a través de la experimentación.

Puesta en común: El alumno/a reflexiona, evalúa y reconstruye su conocimiento.

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Para comenzar, el docente hace una demostración del experimento delante de la clase, en la que éste se explica de forma simplificada. Después pide al alumnado que, a modo de hipótesis, identifiquen las variables independientes que pueden influir en un aumento de la energía de la reacción. El alumnado relaciona cada una de las variables propuestas con uno o varios de los tipos de energía recogidos en la fase de ideas previas. La variable dependiente en este caso sería el aumento de la energía, que se mide a partir de la velocidad (el tiempo) de reacción.

Una vez identificadas las variables, se formulan en forma de hipótesis para su comprobación. Cada grupo realiza su propio diseño experimental y lo lleva a cabo frente a toda la clase con el fin de comprobar la influencia de una variable independiente de su elección. En esta fase, el docente da indicaciones sobre la necesidad de estudiar una y solo una variable en cada experimento, pero dejando lugar para los errores (experimentos donde se mezclan distintas variables), que se corrigen en la fase de puesta en común.

Por último tiene lugar la fase de puesta en común donde se evalúa la fiabilidad de los experimentos, se explica el método de aislamiento de variables y se comparan los resultados con las ideas previas.

RESULTADOS

La actividad se ha llevado a cabo con dos grupos de 6º de Primaria del CEIP Las Mercedes, un grupo de 5º y 6º de Primaria del CEIP Aguamansa, y un grupo de 9 niños y niñas de altas capacidades de entre 9 y 12 años dentro del programa Comparte con la ULL, todos ellos en la isla de Tenerife.

De 71 alumnos y alumnas encuestados, 68 valoraron que la actividad les había gustado mucho o muchísimo, obteniendo una calificación media de 4,74 sobre 5. La calificación obtenida desagregada por sexos fue de un promedio de 4,67 para las niñas y 4,81 por parte de los niños.

En la actividad *Aire, ¿materia o energía?* se extrajeron las ideas previas del alumnado sobre las características de la materia y de la energía, que pueden verse en la **tabla 2**. Los tipos de energía y el número de grupos que han llegado a nombrarla en la exposición de ideas previas aparecen en la **tabla 3**.

Tabla 2. Características de la materia y de la energía identificadas por el alumnado.

Características de la materia	Características de la energía
Masa / pesa	Invisible
Volumen	Movimiento
Visible	Electricidad
Tangible	

Tabla 3. Tipos de energía identificados y número de grupos que lo nombran

Tipo (fuente) de energía identificada	n	Tipo (fuente) de energía identificada	n
Eólica	5	Calor	3
Hidráulica	5	Química	3
Solar	5	Vital	2
Fósil	5	Cinética	2
Mareomotriz	4	Electromagnética	1
Eléctrica	4	Gravitatoria	1
Nuclear	3		

En cuanto a las formas de modificar la energía del sistema propuestas para cada tipo de energía, todos los grupos llegan a las mismas ideas:

- Energía cinética: agitar la mezcla, machacar la pastilla.
- Energía química: añadir otras sustancias, usar otro tipo de pastilla, usar más pastillas.
- Calor: Usar agua caliente.

Para evaluar las competencias del alumnado para la realización de la actividad se utilizaron las fichas de experimento rellenas por cada grupo. La evaluación de competencias se hizo sobre la base de tres rúbricas que se exponen en la **tabla 4** con los resultados obtenidos en cada uno de los centros educativos.

En cuanto a las competencias adquiridas, se evaluó la capacidad de aplicarlas en experimentos sucesivos para el caso del CEIP Las Mercedes. El 55% de los grupos fueron capaces de aplicar el método de aislamiento de variables sin ayuda en el siguiente experimento, frente a un 30% que lo hizo la primera vez. En cuanto a la mejora de las competencias de pensamiento crítico, se encontró que el 100% de los grupos fue capaz de explicar los resultados de los experimentos sin sacar conclusiones precipitadas en los experimentos sucesivos.

Tabla 4. Competencias demostradas por el alumnado. Nota media para cada rúbrica entre 0 y 1.

	CEIP Las Mercedes	CEIP Aguamansa	Comparte con la ULL
Plantear la hipótesis de forma correcta	0,9	0,2	0,7
Son capaces de ajustar el experimento a la hipótesis elegida	1,0	0,2	0,5
El experimento es capaz de determinar la influencia por separado de una única variable	0,3	0,3	0,7

CONCLUSIONES

La actividad obtiene una valoración muy positiva por niños y niñas, resulta muy adecuada para su nivel de comprensión y permite trabajar el concepto de energía de forma práctica y motivadora.

Las características de la materia y la energía que identifican los alumnos/as son idénticas en todos los grupos independientemente de si han tratado el tema previamente en las clases magistrales. Esto sugiere que los niños y niñas tienen una idea intuitiva del concepto de energía generada a partir de su experiencia cotidiana. Los conceptos confusos que se encuentran en todos los grupos son:

- Visibilidad/invisibilidad: Se considera que la materia es visible y la energía invisible.
- Movimiento: Se asocia correctamente el movimiento con energía, sin embargo, esto lleva a confusión cuando se trata de un objeto en movimiento, en el que hay un intercambio de energía que no se comprende de manera intuitiva.

Las competencias mostradas por el alumnado sugieren una dificultad grande en la comprensión y aplicación del método de aislamiento de variables, incluso en experimentos sucesivos, en los que solo mejoran de forma poco significativa.

Se encuentra confusión entre los conceptos de “tipo de energía” y “fuente de energía” en todos los grupos participantes. Los tipos de energía que salen nombrados en primer lugar son las fuentes de energía renovable. Esto nos sugiere que el trato que se suele dar al concepto de energía en educación primaria está casi exclusivamente centrado en la educación ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MAESTRE JIMÉNEZ, J., MARTÍNEZ BORREGUERO, G., LUIS NARANJO, F. (2017) Análisis del tratamiento del concepto de energía en la educación secundaria obligatoria actual, En *X Congreso Internacional sobre la investigación en didáctica de las ciencias de Sevilla*. ISSN (DIGITAL): 2174-6486. [En línea], Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/55_-_Análisis_del_tratamiento_del_concepto_de_energia_en_la_educacion_secundaria_espanola_actual.pdf (Consultado el 20/08/21)
- [2] AKITSU, Y., ISHIHARA, K.N. (2019). Energy literacy assessment: A comparative study of lower secondary school students in Thailand and Japan. *International Journal of Educational Methodology*, 5(2), 183-201. [En línea] DOI: 10.12973/ijem.5.2.183
- [3] HOBSON, A. (2003). Physics literacy, energy and the environment. *Physics Education*, 38, 109-114. [En línea], disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/38/2/301/pdf> (Consultado el 20/08/21)
- [4] GOLDRING, H. y OSBORNE, J. (1994). Students' difficulties with energy and related concepts. *Physics Education*, 29, pp. 26-31. [En línea] DOI: 10.1088/0031-9120/29/1/006
- [5] SARQUIS, A. M. y WOODWARD, L. M. (1999) Alka Seltzer Poppers: An Interactive Exploration, Resources for Student Assessment, *Journal of Chemical Education* 76, 385-390. [En línea] DOI: 10.1021/ed076p385
- [6] HOWALD, REED A. (1999) The Fizz Keeper, a Case Study in Chemical Education, Equilibrium, and Kinetics, *Journal of Chemical Education*, 76 (2) 208-09. [En línea] DOI: 10.1021/ed076p208
- [7] FAULKNER, S. (1993). Lessons with a fizz: speedy relief for teaching chemistry concepts. *The science teacher*, 60(1), 26-29. [En línea], disponible en: <https://www.jstor.org/stable/24146786> (Consultado el 20/08/21)
- [8] KIBBLE, B. (2006) To boldly go where fizz-pop rockets haven't been before. *Physics Education*. 41 337-340. [En línea] DOI: 10.1088/0031-9120/41/4/008
- [9] COFFEY, T. (2008) Soda Pop Fizz-ics. *Physics Teacher*, 46(8) 473-476 [En línea] DOI: 10.1119/1.2999062
- [10] REYES-CÁRDENAS, F. y PADILLA, K. (2012) La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación química*, 23(4), 415-421 [En línea] DOI: [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30129-5](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30129-5)
- [11] LEDERMAN, N. (2004) Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. En: Flick, L. y Lederman, N. (eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science*, 14, 301- 317. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers
- [12] RUTHERFORD, F. J. (1964) The role of inquiry in science teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, 2, 80-84 [En línea] DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.3660020204>
- [13] BYBEE, R.W. (2000). Teaching science as inquiry. En MINSTREL, J. y VAN ZEE EH. (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, Washington, DC: American Association for the Advancement of Science (AAAS), pp. 20-46. [En línea], disponible en: <https://www.aaas.org/resources/inquiring-inquiry-learning-and-teaching-science> (Consultado el 20/08/21)
- [14] MARTIN-HANSEN, L. M. (2002) Defining inquiry. *Science teacher* 69(2), 34- 37 [En línea], disponible en: <https://my.nsta.org/resource/4106/defining-inquiry-exploring-the-many-types-of-inquiry-in-the-science-classroom> (Consultado el 20/08/21)

UN MÉTODO VISUAL PARA ENSEÑAR FORMULACIÓN INORGÁNICA USANDO DIAGRAMAS DE LEWIS

Abigail Jiménez Lloret

I. E. S. Siete Colinas, Avenida de África s/n, 51001, Ceuta

Dirección de correspondencia: abigail.jimenez@sietecolinas.es

Palabras clave: introducción a la química; investigación en didáctica de la química; química inorgánica; teoría de la carga cognitiva; estructuras de Lewis; aprendizaje centrado en el estudiante.

Keywords: introductory chemistry; chemical education research; inorganic chemistry; cognitive load theory; Lewis structures; student-centered learning.

Resumen

El nivel de abstracción requerido para aprender formulación química por primera vez está aún desarrollándose en las mentes de los alumnos de 3º ESO. En este trabajo se presenta un método visual para enseñar formulación inorgánica basado en los diagramas de Lewis. Se usan para establecer una conexión visual entre la fórmula escrita y la representación mental simbólica. El rendimiento de los estudiantes mejora con esta metodología. En concreto, en estudiantes con nivel bajo en la competencia lingüística y con alto nivel en competencias visuales y artísticas. Finalmente, se puede estimar, de forma aproximada, la carga cognitiva usando medidas de la Teoría de la Información.

Abstract

The level of abstraction required to learn chemical formulation is still developing in the minds of 3rd year high school students. In this work, a visual method based on Lewis diagrams to teach inorganic formulation is presented. Lewis diagrams act as the visual connection between the written formula and the mental symbolic representation. It is shown that, with this methodology, students' performance improves. This is particularly so for students with low scores in linguistic competencies and high scores in visual and artistic competencies. Finally, an approximation of the cognitive working load can be estimated by using Information Theory measures.

INTRODUCCIÓN

El actual sistema educativo español tiene un enfoque competencial [1, 2], que a su vez proviene de las concepciones constructivistas del aprendizaje [3-6]. En ellas, el conocimiento se construye en la mente del que aprende. Para ello debe establecerse una conexión entre los conocimientos previos y lo que se quiere aprender. Además, se tiene en cuenta que el estudiante puede elegir no aprender [7].

Dentro de las teorías constructivistas del aprendizaje destacamos la Teoría de la Carga Cognitiva [8, 9] (CLT por sus siglas en inglés), la cual describe el “esfuerzo mental” de un estudiante como la “carga total de memoria de trabajo”, o número de elementos de información que deben ser procesados simultáneamente, en clara analogía a la complejidad encontrada en un mensaje según la Teoría de la Información [10]. Según la CLT, la dificultad para aprender depende tanto de la complejidad del mensaje (carga intrínseca) como de la forma en que este se presenta al estudiante (carga extrínseca).

Según Wittgenstein [11], existen tres niveles de representación (**Figura 1**). La representación visual refleja la capacidad de distinguir las formas geométricas. Un nivel superior de abstracción es el lenguaje, que establece relaciones entre esas formas visuales y una representación formal abstracta (las palabras), pero además establece relaciones entre palabras. Un nivel superior de abstracción es el matemático, que es un método para la lógica (el lenguaje). En él, todo se relaciona mediante tautologías. Las proposiciones sobre las representaciones de los objetos son manipuladas para poder deducir otras proposiciones sobre dichas representaciones.

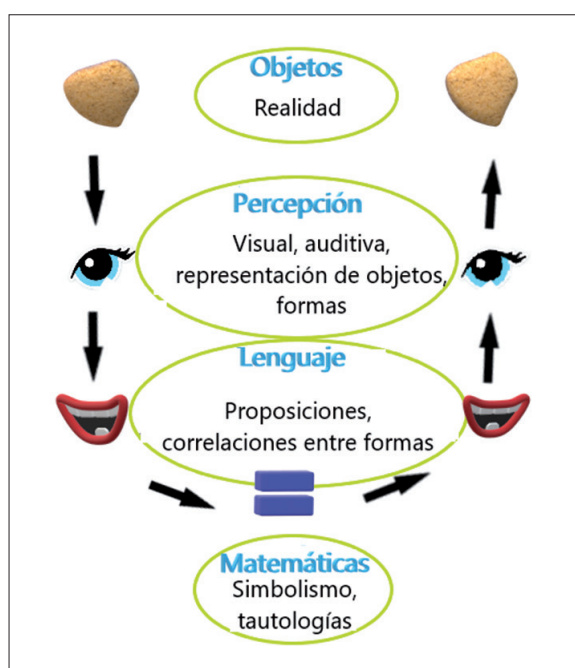


Figura 1: Niveles de representación (esquema a partir del trabajo de Wittgenstein [11]).

Dentro de la enseñanza de la Química, uno de los temas más temidos es el de la formulación química [12]. El nivel de abstracción requerido está aún en desarrollo cuando este tema se ve por primera vez en 3º de ESO [13]. Normalmente, se intenta establecer una relación directa entre el nombre de un compuesto (representación lingüística) y su fórmula química (representación simbólica). Se exige a los alumnos que memoricen una serie de símbolos químicos, a los que corresponden ciertos números (los números de oxidación), que permiten deducir las proporciones de cada elemento según el compuesto. Los estudiantes con buen nivel competencial en lengua y matemáticas no suelen tener problemas con este tema. Sin embargo, presenta dificultades para los alumnos con un nivel más pobre en estas competencias [14].

Es muy común en la enseñanza de las ciencias usar representaciones pictóricas de conceptos científicos [15]. Reducen la carga cognitiva si el modelo mental es visual en vez de lingüístico. Los diagramas de Lewis proporcionan la representación visual más simple del enlace molecular [16]. Se suelen usar como objetivo de aprendizaje [17, 18]. Aquí, sin embargo, las estructuras de Lewis son propuestas como una herramienta que facilita el aprendizaje de la formulación inorgánica.

METODOLOGÍA

En la **Figura 2** se muestra un esquema de la metodología desarrollada. Se intercalan controles de evaluación, los cuales sirven tanto de seguimiento del aprendizaje como para favorecer la retención de conceptos por parte de los estudiantes [19].

Para establecer un nivel previo de conocimientos, se repasó el modelo de Rutherford del átomo[20] y los distintos tipos de enlace, y se realizó un control. Este control sirve posteriormente como nivel de referencia para estudiar la mejora o no del aprendizaje por parte de los estudiantes.

En total se hicieron 7 controles después de la prueba inicial de conocimientos: 1. Óxidos y elementos con un número de oxidación; 2. Óxidos e hidruros con tabla periódica y elementos con un número de oxidación; 3. Sales binarias con tabla periódica y elementos con un número de oxidación; 4. Óxidos e hidruros con un número de oxidación; 5. Todos los compuestos binarios con apuntes; 6. Todos los compuestos binarios con tabla periódica; 7. Todos los compuestos binarios.

En el análisis hay que tener en cuenta que para aprobar el primer control (el de referencia) se necesita un 50% de acierto, mientras que para los siguientes sólo se permiten fallos hasta 1/3 de los compuestos propuestos. Las preguntas se dividen en tres categorías: nombrar compuestos, formular compuestos, y dibujar las estructuras de Lewis de los compuestos. El número de cuestiones era variable. En concreto, al principio se preguntaban 10 diagramas de Lewis, para acabar con sólo 2. Al contrario, las otras dos clases de preguntas aumentan en número desde 10 hasta 15 cada una.

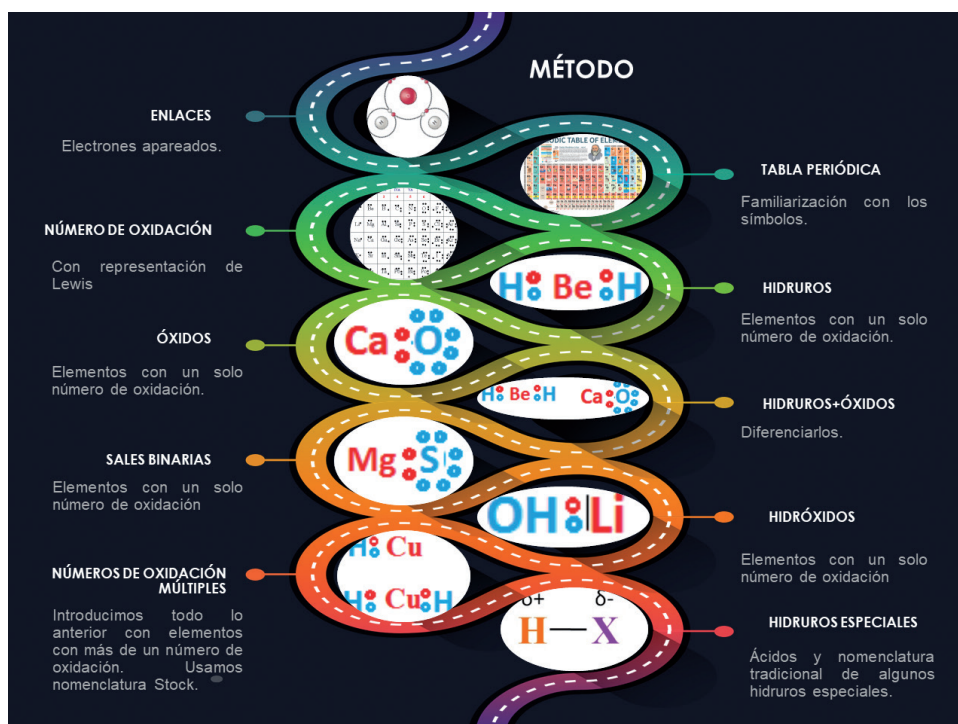


Figura 2: Metodología propuesta y seguida en este trabajo.

Los datos se presentan como diagramas de cajas, para destacar la asimetría de las distribuciones en las notas (o número de errores). Como se ha dicho, también se agrupan los datos para analizar cómo influyen las distintas competencias en el aprendizaje de este tema.

Como también se pretende establecer una relación entre el uso de diagramas de Lewis y la adquisición de conocimientos en formulación, se calculan tanto el coeficiente de correlación[21] como la información mutua [10] entre las distribuciones de probabilidad de fallos en los diagramas de Lewis y en las otras cuestiones dedicadas a formular o nombrar compuestos. La información mutua también tiene en cuenta las correlaciones no lineales entre dos variables aleatorias [22-26]. El método para los cálculos de la información mutua es descrito en Jiménez [26].

DATOS

El método ha sido investigado en el I.E.S. Luis de Camoens de Ceuta, España. En esta ciudad autónoma, se pueden encontrar estudiantes cuya lengua materna no es el español [27], y donde se produce una de las tasas de abandono de estudios más altas de España [28].

La clase, de 24 alumnos de 3º de ESO, incluía tres repetidores y trece estudiantes con materias pendientes. En la **Figura 3** se muestra el perfil competencial de los estudiantes.

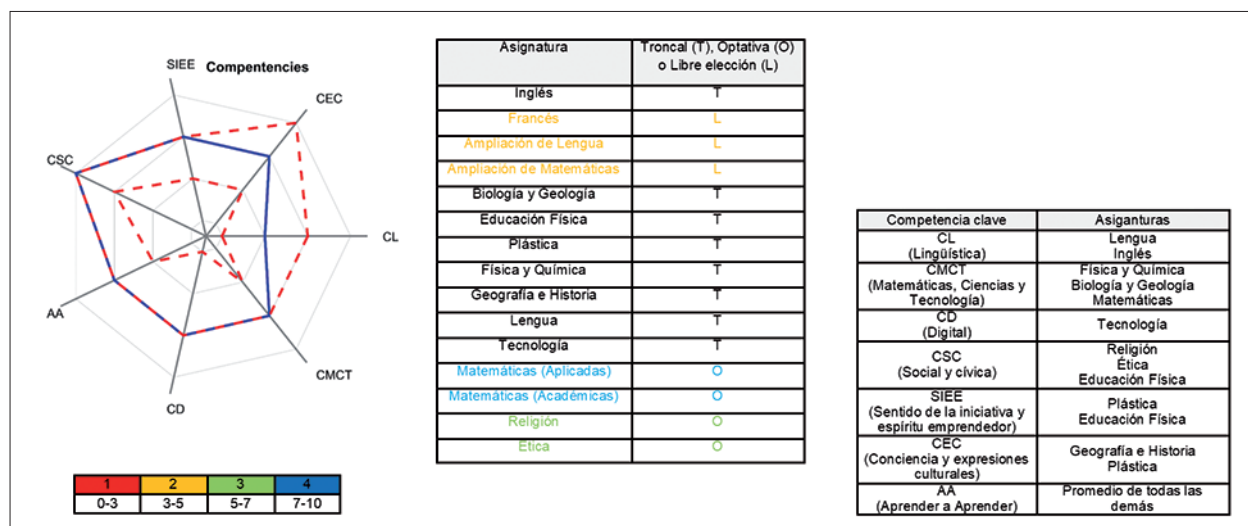


Figura 3: Cálculo, según se describe en el texto de las competencias clave a partir de las notas obtenidas a final de curso. En el diagrama radial se representan la mediana y los cuartiles 2º y 3º. En el segundo cuadro se detallan las asignaturas tenidas en cuenta para hacer la media para obtener un valor numérico de cada competencia clave.

Uno de los grandes debates sobre las competencias clave es su forma de evaluación [2]. En España, aunque este concepto se incluye en la legislación vigente, no hay cambios en el currículo [29]. Para estudiar el perfil del alumnado al que se le ha aplicado este método de enseñanza de formulación inorgánica, se ha hecho una aproximación a partir de las notas que los estudiantes obtuvieron a final de curso en cada una de las asignaturas. La Figura 3 es meramente orientativa, puesto que, a día de hoy, no existe una unificación de criterios para evaluar las competencias. Para cada competencia, se usan las notas de las asignaturas en la tabla de la derecha para hacer las medias. Luego, según la leyenda del diagrama radial, se asignan los valores del 1 al 4 para cada una de ellas. Se observa que, en general, los alumnos presentan un pobre desempeño en la competencia lingüística, tal y como se puede esperar en Ceuta [28].

RESULTADOS

En la **Tabla I** se resumen los resultados más importantes de este estudio. Se observa una mejora general del 8%. Es decir, superaron este tema de formulación inorgánica un 8% más de alumnos que en la prueba inicial sobre conceptos básicos sobre la estructura atómica y el enlace químico, ya vistos en 2º de ESO.

Los alumnos con peores notas iniciales mejoran considerablemente, mientras que los alumnos aprobados con notas cercanas al 5 son los más perjudicados. Puede que los alumnos con bajos conocimientos previos se vean beneficiados por la representación visual [15], mientras que aquéllos con mayores conocimientos previos pueden haber experimentado un incremento en la carga cognitiva precisamente por ello [30]–[32]. En todo caso, es evidente que los alumnos con bajas notas tienen más posibilidad de mejora.

Tabla 1. Resumen de los resultados. P0 es la probabilidad de aprobar el control inicial y P1 la de aprobar el control final, y por tanto esta parte de la asignatura. El incremento representa la diferencia entre ambas probabilidades en %.

Agrupamientos	n	P0	P1	Incremento
Todos	24	0,58	0,67	8,33
Notas en Prueba inicial				
0-3 (1)	7	0,00	0,43	42,86
3-5 (2)	3	0,00	1,00	100,00
5-7 (3)	4	1,00	0,50	-50,00
7-10 (4)	10	1,00	0,80	-20,00
Competencia Lingüística				
CL1	9	0,22	0,44	22,22
CL2	7	0,71	0,71	0,00
CL3	8	0,88	0,88	0,00
Notas finales en Plástica				
5-7 (3)	8	0,63	0,63	0,00
7-10 (4)	16	0,56	0,69	12,50
Notas finales en Matemáticas				
Todos 0-3 (1)	4	0,00	0,50	50,00
Todos 3-5 (2)	4	1,00	0,50	-50,00
Todos 5-7 (3)	10	0,90	0,80	-10,00
Todos 7-10 (4)	6	0,17	0,67	50,00
Aplicadas 0-5 (1-2)	4	0,00	0,50	50,00
Aplicadas 5-10 (3-4)	5	0,00	0,60	60,00
Académicas 0-5 (1-2)	4	1,00	0,50	-50,00
Académicas 5-10 (3-4)	11	0,91	0,82	-9,09

Es destacable señalar que los estudiantes con menos nivel en la competencia lingüística mejoran, mientras aquéllos con un nivel alto no se ven negativamente afectados en promedio. Lo mismo ocurre con las notas en plástica: estudiantes con alto nivel mejoran, pero los estudiantes con un nivel bajo no se ven negativamente afectados.

En la Tabla 1 se detallan en la primera columna los distintos agrupamientos usados para analizar los datos, según la nota inicial o el nivel en competencias clave relevantes. Como anteriormente, se muestra que, al ser separados en Matemáticas Académicas y Aplicadas, las notas globales de la asignatura de Matemáticas no son comparables. Sí se observa que los alumnos que eligieron Matemáticas Aplicadas mejoran, mientras que los que eligieron Académicas empeoraron los resultados con respecto a la prueba inicial.

En la **Figura 4** se dibujan los diagramas de cajas para agrupaciones por notas en las pruebas iniciales (4 primeros paneles), y por notas en matemáticas (4 paneles inferiores).

Todos los estudiantes que inicialmente casi aprueban el control inicial pasaron el control final. La mayoría de los estudiantes que inicialmente obtuvieron buenas notas (entre 7 y 10) mantuvieron sus notas. Los estudiantes con notas intermedias (5-7 en el examen inicial) en realidad tienen una distribución de probabilidad muy cercana al 5, y por tanto estuvieron cerca del suspenso. Estos resultados pueden indicar que estos estudiantes tenían bajo nivel en las competencias lingüística y visual, y que sus conocimientos previos eran puramente memorísticos. Así pues, experimentaron una mayor carga cognitiva al tener que procesar dos codificaciones distintas, la visual y la lingüística [30]. Es un resultado esperable en el alumnado de Ceuta [14, 28].

En los cuatro paneles inferiores comprobamos cómo la competencia matemática se divide entre Aplicadas y Académicas. Todos los alumnos que cursaron Matemáticas Académicas aprobaron el primer control. Sin embargo, aquéllos con notas cercanas al 5 podrían haber experimentado una mayor carga cognitiva extrínseca[9]. Los estudiantes de Matemáticas Aplicadas tienen un gran margen de mejora, de ahí la idoneidad de este método para ellos.

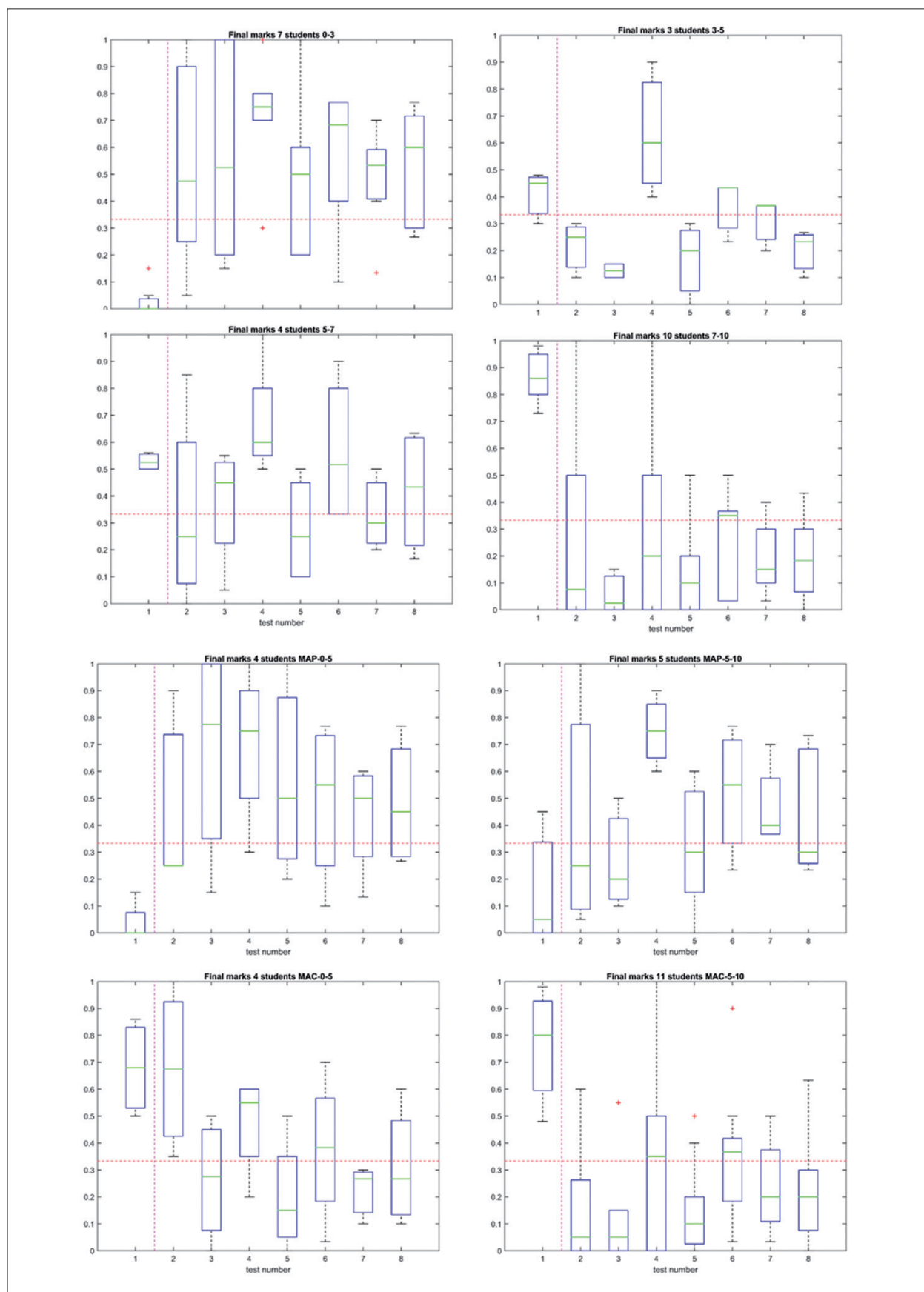


Figura 4: Diagramas de cajas de las distribuciones de notas. El primer test representa la nota en el examen. Más de 0,5 significa aprobado. Los demás tests, sin embargo, representan el número de fallos. Para aprobar, deben estar por debajo de $1/3$, señalada en una línea horizontal roja.

Tabla 2. Coeficientes de correlación entre las distribuciones de fallos en diagramas de Lewis y nombrar compuestos (c.c.n.), formular (c.c.f.) y total (c.c.t.); información mutua en bits entre las mismas distribuciones (mi f, mi n, mi t); entropía de las distribuciones de errores (H L, H f, H n, H t); n es el número de estudiantes en cada agrupamiento. En negrita, el máximo entre distribuciones de cada tipo (excluyendo las totales).

Agrupación	n	c.c. f	c.c. n	c.c. t	mi f	mi n	mi t	H_L	H_f	H_n	H_t
Todos	24	0.52	0.44	0.57	0.62	0.48	0.75	2.29	2.84	2.50	3.10
0-3	7	0.20	0.33	0.31	1.71	1.35	1.29	2.47	3.15	2.41	2.79
3-5	3	0.40	0.34	0.45	0.92	1.07	1.49	1.64	2.38	2.84	2.78
5-7	4	0.41	0.10	0.32	1.71	1.01	1.86	2.29	2.94	2.45	3.01
7-10	10	0.33	0.50	0.53	0.64	0.34	0.66	1.72	1.93	1.79	2.30
CL1	9	0.28	0.26	0.32	1.27	1.18	1.17	2.52	3.12	2.55	2.96
CL2	7	0.41	0.36	0.52	0.72	0.70	1.22	2.00	2.36	2.57	3.06
CL3	8	0.42	0.37	0.47	0.56	0.39	0.90	1.58	2.35	1.79	2.36
EPV-5-7	8	0.74	0.53	0.71	1.53	0.89	1.41	2.20	3.02	2.47	2.85
EPV-7-10	16	0.41	0.39	0.49	0.52	0.50	0.89	2.29	2.68	2.42	3.13
MAT-0-3	4	0.24	0.33	0.33	1.40	1.18	1.94	1.97	3.15	2.40	2.85
MAT-3-5	4	0.43	0.30	0.47	1.11	1.39	1.15	2.04	2.50	2.43	2.93
MAT-5-7	10	0.33	0.31	0.40	0.53	0.33	0.83	1.86	2.61	1.88	2.72
MAT-7-10	6	0.59	0.50	0.64	1.33	1.06	1.47	2.42	2.35	2.54	2.94
MAC-0-5	4	0.43	0.30	0.47	1.11	1.39	1.15	2.04	2.50	2.43	2.93
MAC-5-10	11	0.35	0.34	0.43	0.51	0.33	0.80	1.78	2.52	1.79	2.61
MAP-0-5	4	0.24	0.33	0.33	1.40	1.18	1.94	1.97	3.15	2.40	2.85
MAP-5-10	5	0.45	0.33	0.48	1.66	1.58	1.60	2.55	2.40	2.66	2.93

En términos generales, existe una correlación mayor (lineal y no lineal) entre la distribución de errores de los diagramas de Lewis y la formulación (Tabla 2). Al tratarse de dos tipos de matemáticas distintas, la competencia matemática no parece ser un buen predictor para el rendimiento de los estudiantes. Sin embargo, sí aparece una tendencia al decrecimiento en la información mutua con las competencias lingüística y la visual. Cuanto mayor sea el nivel en ellas, la estructura de errores es más pobre y, por tanto, la información mutua disminuye. Tanto las tautologías (ningún error) como las contradicciones (todo errores) aportan poca información [11, 33]. Esto indica que el esfuerzo cognitivo asociado es bajo. Según las teorías constructivistas los estudiantes relacionan lo que saben con lo que necesitan aprender [7]. En este caso, lo que ocurre es que el nivel de abstracción lingüístico en la Figura 1 es eliminado para los alumnos con mayores problemas en la competencia lingüística, y el mapeado entre la fórmula y el compuesto se hace de forma visual, porque representa un nivel de abstracción con menos carga cognitiva.

Desde los comienzos de la Teoría de la Carga Cognitiva se ha intentado medir la carga cognitiva de trabajo [8, 9, 34]. Esta teoría ha sido inspirada claramente por la Teoría de la Información [33]. Es, por tanto, coherente proponer medidas relacionadas con ella. En concreto, aquí se propone analizar la distribución de probabilidad de los errores cometidos. Por otro lado, si se quiere separar la carga cognitiva extrínseca, es necesario correlacionar estos errores con la forma en que estas tareas son presentadas. Esto es lo que se hace en este trabajo, donde se correlacionan las distribuciones de fallos en las fórmulas con los fallos tanto en las estructuras de Lewis (nivel de abstracción visual) como en los nombres (nivel de abstracción lingüístico) de los compuestos químicos.

CONCLUSIONES

Se ha presentado un método visual basado en las estructuras de Lewis para enseñar por primera vez formulación química a alumnos de la ESO. En estos resultados preliminares, donde sólo se ha aplicado a una clase de 24 alumnos de 3º de ESO, se ha observado una mejora general en el rendimiento de

los alumnos con respecto a unos conocimientos previos. Se ha descrito una mejora más importante para alumnos cuyo nivel en las competencias lingüística es menor y la visual/artística es mayor. Además, no empeora el rendimiento de estudiantes con características opuestas a estas.

Finalmente, se ha relacionado la carga cognitiva de trabajo y la carga cognitiva extrínseca con medidas inspiradas en la Teoría de la Información.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los compañeros del Departamento de Física y Química del I.E.S. Luis de Camoens de Ceuta por sus comentarios constructivos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BOE2015 (2015), Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato.
- [2] OECD2003 (2003), Definition and Selection of Competencies (DeSeCo).
- [3] PIAGET,J., DUCKWORTH,E. (1970), Genetic Epistemology. *Am. Behav. Sci.*13 (3), 459–480 doi: 10.1177/000276427001300320.
- [4] VYGOTSKY,L. S.2019 (Jun. 2019), *Mind in Society*/Mind Soc. doi: 10.2307/j.ctvjf9vz4.
- [5] AUSUBEL,D. P.1964 (1964), *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. Pp.255. doi: 10.1097/00000441-196402000-00048.
- [6] NOVAK,J. D., GOWIN,D. B., KAHLE,J. B.1984 (1984), *Learning How to Learn* doi: 10.1017/cbo9781139173469.
- [7] COOPER,M. M., STOWE,R. L. (2018), Chemistry Education Research—From Personal Empiricism to Evidence, Theory, and Informed Practice. *Chem. Rev.*118 (12), 6053–6087 doi: 10.1021/acs.chemrev.8b00020.
- [8] LEPPINK,J.,VAN DEN HEUVEL,A. (Jun. 2015),The evolution of cognitive load theory and its application to medical education. *Perspect. Med. Educ.*4 (3), 119–127 doi: 10.1007/s40037-015-0192-x.
- [9] SWELLER,J. (1994), Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learn. Instr.*4 (4), 295–312 doi: 10.1016/0959-4752(94)90003-5.
- [10] COVER,T. M., THOMAS,J. A.1991 (1991), *Elements of Information Theory*Wiley Ser. Telecommun. doi: 10.1002/0471200611.
- [11] WITTGENSTEIN,L.2003 (2003), *Tractatus Logico-Philosophicus*. doi: 10.4324/9780203010341.
- [12] CHILDS,P. E., SHEEHAN,M. (2009), What's difficult about chemistry? An Irish perspective. *Chem. Educ. Res. Pract.*10 (3), 204 doi: 10.1039/b914499b.
- [13] VAN OERS,B., POLAND,M. (2007), Schematising activities as a means for encouraging young children to think abstractly. *Math. Educ. Res. J.*19 (2), 10–22 doi: 10.1007/BF03217453.
- [14] KEMPA,R. F. (1991), Students' learning difficulties in science. Causes and possible remediese. *Enseñanza las ciencias Rev. Investig. y Exp. didácticas*9 (2), 119–128

- [15] LARKIN, J. H., SIMON, H. A. (1987), Why a Diagram is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words. *Cogn. Sci.* 11 (1), 65–100 doi: 10.1111/j.1551-6708.1987.tb00863.x.
- [16] LEWIS, G. N. (1916), The atom and the molecule. *J. Am. Chem. Soc.* 38 (4), 762–785 doi: 10.1021/ja02261a002.
- [17] MIBURO, B. B. (1998), Simplified Lewis Structure Drawing for Nonscience Majors. *J. Chem. Educ.* 75 (3), 317 doi: 10.1021/ed075p317.
- [18] SANDI-URENA, S., LORÍA CAMBRONERO, G., JINESTA CHAVES, D. (2019), Conceptualisation of Lewis structures by chemistry majors. *Chem. Teach. Int.* 0 (0), doi: 10.1515/cti-2018-0019.
- [19] KARPICKE, J. D., AUE, W. R. (2015), The Testing Effect Is Alive and Well with Complex Materials. *Educ. Psychol. Rev.* 27 (2), 317–326 doi: 10.1007/s10648-015-9309-3.
- [20] RUTHERFORD, E. (Feb. 2012), The scattering of α and β particles by matter and the structure of the atom. *Philos. Mag.* 92 (4), 379–398 doi: 10.1080/14786435.2011.617037.
- [21] PEARSON, K. (Dec. 1895), Note on regression and inheritance in the case of two parents. *Proc. R. Soc. London* 58 (347–352), 240–242 doi: 10.1098/rsp1895.0041.
- [22] CHURCH, K. W., HANKS, P. (1989), Word association norms, mutual information, and lexicography. *Proc. 27th Annu. Meet. Assoc. Comput. Linguist.* - doi: 10.3115/981623.981633.
- [23] PLUIM, J. P. W., MAINTZ, J. B. A., VIERGEVER, M. A. (2003), Mutual-information-based registration of medical images: a survey. *IEEE Trans. Med. Imaging* 22 (8), 986–1004 doi: 10.1109/tmi.2003.815867.
- [24] JENSEN, G., WARD, R. D., BALSAM, P. D. (Nov. 2013), Information: theory, brain, and behavior. *J. Exp. Anal. Behav.* 100 (3), 408–431 doi: 10.1002/jeab.49.
- [25] CELLUCCI, C. J., ALBANO, A. M., RAPP, P. E. (2005), Statistical validation of mutual information calculations: Comparison of alternative numerical algorithms. *Phys. Rev. E* 71 (6), doi: 10.1103/physreve.71.066208.
- [26] JIMÉNEZ, A. (2015), Information theory approach to the Landers aftershock sequence. *EPL (Europhysics Lett.)* 111 (1), 19001 doi: 10.1209/0295-5075/111/19001.
- [27] SEGURA-ROBLES, A., PARRA-GONZÁLEZ, M. E. (2019), Analysis of Teachers' Intercultural Sensitivity Levels in Multicultural Contexts. *Sustainability* 11 (11), 3137 doi: 10.3390/su11113137.
- [28] SÁNCHEZ, S. S. 2013 (2013), ¿Por qué dejé de estudiar?: el abandono escolar temprano en Ceuta y Melilla - Dialnet. *Book*
- [29] GORDON, J. ET AL. (2009), Key Competences in Europe: Opening Doors For Lifelong Learners Across the School Curriculum and Teacher Education.
- [30] KALYUGA, S. (2013), Effects of Learner Prior Knowledge and Working Memory Limitations on Multimedia Learning. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 8325–29 doi: 10.1016/j.sbspro.2013.06.005.
- [31] DUFFY, P. L. ET AL. (Feb. 2019), Form versus Function: A Comparison of Lewis Structure Drawing Tools and the Extraneous Cognitive Load They Induce. *J. Chem. Educ.* 96 (2), 238–247 doi: 10.1021/acs.jchemed.8b00574.
- [32] TIETTMEYER, J. M. ET AL. (Mar. 2017), Unraveling the Complexities: An Investigation of the Factors That Induce Load in Chemistry Students Constructing Lewis Structures. *J. Chem. Educ.* 94 (3), 282–288 doi: 10.1021/acs.jchemed.6b00363.

- [33]** SHANNON, C. E. (1948), A Mathematical Theory of Communication. *Bell Syst. Tech. J.* 27 (4), 623–656 doi: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb00917.x.
- [34]** SWELLER, J. (1988), Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cogn. Sci.* 12 (2), 257–285 doi: 10.1207/s15516709cog1202_4.

CONOCIMIENTOS SOBRE ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN EN ALUMNOS DE 3º DE ENSEÑANZA SECUNDARIA OBLIGATORIA: PROYECTO OBESITY

Gema Luciañez Sánchez (1), Cristina Valls Bautista (2), Anna Solé Llussà (3)

(1) Departamento de Bioquímica y Biotecnología (Universitat Rovira i Virgili). glucianezsanchez@gmail.com

(2) Departamento de Bioquímica y Biotecnología (Universitat Rovira i Virgili). Grupo de investigación ARGET. cristina.valls@urv.cat

(3) Departamento de Didácticas Específicas (Universitat de Lleida). anna.sole@udl.cat

Dirección de correspondencia: glucianezsanchez@gmail.com

Palabras clave: obesidad; alimentación; competencia en alimentación; metodología innovadora.

Keywords: obesity; nutrition; competition in nutrition; innovative methodology.

Resumen

El proyecto *Obesity* pretende mejorar la formación en alimentación, nutrición y hábitos saludables para prevenir la obesidad. *Obesity* ha sido diseñado aplicando el *flipped classroom* y el trabajo colaborativo, así como actividades competenciales y contextualizadas, situando al alumnado en el centro del aprendizaje. El proyecto se implementó con alumnos de 3º de la ESO. Para determinar si el proyecto contribuye al aprendizaje, el alumnado respondió un test de conocimientos antes y después.

Los resultados no muestran diferencias significativas entre los conocimientos del pre y el posttest. Pero si corroboran que las estrategias de enseñanza-aprendizaje aplicadas fueron bien recibidas por el alumnado.

Abstract

The Obesity project aims to improve training in food, nutrition, and healthy habits to prevent obesity. Obesity has been designed by applying the flipped classroom and collaborative work, as well as competency and contextualized activities, placing students at the center of learning. The project was implemented with 3rd year ESO students. To determine if the project contributes to the learning, the students answered a knowledge test before and after.

The results do not show significant differences between the knowledge of the pre and post-test. But they do confirm that the teaching-learning strategies applied were well received by the students.

I. INTRODUCCIÓN

La incidencia de sobrepeso y obesidad en todo el mundo ha ido aumentando, casi triplicándose desde 1975, al mismo tiempo que ha surgido la globalización económica, política y social [1]. La obesidad infantil también ha ido aumentando de 1975 a 2016, las niñas con obesidad han pasado de ser 5 millones a 50 millones. En el caso de los niños, la cifra ha incrementado de 6 a 74 millones [2]. Según el informe de la

OCDE (2019) [3], España se sitúa en el 4º país con mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños de 4 a 19 años de toda la Unión Europea. Aunque aún no hay datos oficiales, la Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO) prevé un aumento del 5% de la obesidad infantil durante la pandemia del COVID-19.

La prevención de la obesidad debería seguir siendo una prioridad en salud pública. A nivel nacional se han llevado a cabo distintas campañas de prevención de la obesidad infantil y fomento de la alimentación saludable. Los resultados de los estudios ALADINO [4], en niños de 6 a 9 años, muestran que la tendencia de la prevalencia de obesidad parece estabilizarse y la de sobrepeso ha sufrido una disminución.

Sin quitar importancia a las distintas campañas que se realizan para la prevención de la obesidad, el ámbito escolar debería también jugar un papel fundamental en la prevención de la obesidad, ya que se trata del entorno en el que los niños y jóvenes pasan una gran cantidad de tiempo, por lo que es fundamental desarrollar estrategias que fomenten una adecuada formación en nutrición y alimentación [5].

2. MARCO TEÓRICO

En la actualidad, los niños y adolescentes no toman los alimentos que se ajustan a una dieta saludable y equilibrada. Además de una incorrecta alimentación, se detectan una serie de hábitos perjudiciales en relación con la alimentación como irregularidad en los hábitos alimentarios (saltarse comidas, más frecuentemente el desayuno (más frecuente en niñas) o la cena [6]), trastornos de la conducta alimentaria (en España afecta entre el 4-5% de la población femenina adolescente y la incidencia en varones va en aumento) [7], entre otros. Los hábitos desarrollados en la niñez influyen en la protección frente a determinadas enfermedades durante la edad adulta. Una buena educación alimentaria, no sólo supondría un beneficio sanitario, sino económico y social ya que según algunos estudios un 30% del coste sanitario es consecuencia del seguimiento de dietas inadecuadas [8]. Un estudio reciente afirma que la obesidad puede aumentar el riesgo de hasta 13 tipos distintos de cánceres en adultos jóvenes. La obesidad infantil puede tener un efecto duradero que derive en cáncer más tarde o más temprano [9].

De forma general, se ha considerado que la principal causa de la obesidad es un balance energético positivo prolongado, por lo que, el enfoque principal de los programas preventivos para la obesidad consiste en proponer una dieta equilibrada y potenciar la práctica de la actividad física. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado la implicación de otros factores en su desarrollo como la microbiota, los disruptores endocrinos, la cronobiología o la genética entre otros (**Figura 1**) lo que convierte la problemática de la obesidad es un trastorno multifactorial y complejo donde tienen cabida muchas causas que están implicadas directa o indirectamente [10]. Afrontar esta problemática no es una tarea fácil y se corre el riesgo de simplificar las causas que la provocan y como consecuencia de ello, las políticas de prevención no se abordan teniendo en cuenta la complejidad de esta enfermedad. En este sentido, sería muy interesante que en los planes de estudio se integraran conocimientos y competencias no sólo sobre alimentación saludable, sino otros aspectos que se han demostrado que podrían tener influencia sobre la obesidad, como por ejemplo, la importancia del consumo de alimentos frescos, ecológicos y de temporada, así como, la adquisición de hábitos adecuados de sueño y descanso y evitando la exposición a sustancias químicas que perjudican la salud (disruptores hormonales) [10].

Las reformas curriculares enfocadas al desarrollo de las competencias parten de la premisa de que existe un desfase entre el ámbito escolar y la realidad cotidiana en nuestra sociedad, por tanto, la contextualización del aprendizaje debe ser un reto en la tarea docente. La alimentación y el desarrollo de hábitos saludables son ámbitos importantes de la vida en la que se toman decisiones que afectan a nivel personal y social y en el que tiene un papel relevante el conocimiento científico.

En la temática que se desarrolla y dentro de la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, se desarrolla una nueva competencia definida por Cabello [6] la competencia en alimentación, que se define *“como la capacidad de una persona para alimentarse de forma saludable durante su vida, lo que implica seleccionar los alimentos que han de configurar su dieta y prepararlos de forma segura para su ingestión”* (pp.71).



Figura 1. Factores implicados en la obesidad. Obtenido de [10].

3. PROYECTO OBESITY

Es en este marco hasta ahora expuesto, que desde la Universidad Rovira i Virgili, se ha diseñado una propuesta metodológica que propone analizar los factores implicados en la obesidad, realizando un recorrido por la historia de la alimentación de nuestra especie. Durante el recorrido histórico se explican y analizan los factores que influyen en el desarrollo de la obesidad, más allá del balance energético. Dicha propuesta metodológica se desarrolló en formato de prueba piloto dentro de la Unidad Didáctica de "Alimentación y nutrición" en la materia de Biología y Geología de 3º de la ESO durante el curso 2019/2020. La muestra inicial fue de 27 alumnos de 3º de la ESO de una IES de la Comunidad de Madrid. El objetivo de esta prueba piloto es poder considerar las fortalezas y debilidades del proyecto, así como su usabilidad y practicidad con el alumnado, para poder mejorarlo antes de su implementación definitiva.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo es mostrar una visión global de la obesidad y que la prevención de dicho trastorno debería ser enfocada desde una perspectiva multifactorial.

El objetivo específico:

- Mejorar y potenciar la formación en alimentación y nutrición como forma de prevención de la obesidad, mediante nuevos enfoques en la enseñanza aprendizaje de la alimentación y nutrición en el ámbito escolar.

ESTRUCTURA

El proyecto *Obesity* comienza con un cuestionario individual de 10 preguntas tipo test sobre conceptos previos (pretest) que permite la detección de ideas previas y/o erróneas. Las preguntas se muestran en la **Tabla 1**.

A continuación, los contenidos se encuentran englobados en cuatro bloques a desarrollar en cada sesión. En cada uno de ellos, se desarrollan de forma sucesiva las siguientes metodologías:

- *Flipped Classroom*: Cada alumno de forma individual y por medio de documentación disponible en la web del Proyecto deberá trabajar la documentación referente a cada uno de los bloques. Posteriormente, el alumnado realizará actividades de forma individual que permitan corroborar que la información trabajada en casa se ha entendido.
- Trabajo colaborativo: Cada equipo en el aula realiza actividades en base a lo trabajado en casa y resuelve actividades y situaciones reales con el material de apoyo que se dispone en la web. Las actividades tienen carácter competencial y están contextualizadas. Todos los recursos con la información necesaria para resolver las actividades se encuentran colgados en la página web del Proyecto que los alumnos pueden consultar en cualquier momento.

Tabla 1. Preguntas del pretest y posttest

1. ¿Cuál es el nutriente que se debe tomar en mayor cantidad?
2. ¿Qué cantidad de agua al día se debe beber?
3. ¿Cuál es la recomendación de piezas de fruta y verdura que se deben ingerir al día?
4. ¿Cuál de los siguientes alimentos es más completo: patata, huevo, chorizo?
5. ¿Cuántas veces se recomienda comer al día?
6. ¿Cuál de los siguientes alimentos tiene más hidratos de carbono?
7. ¿Cuál es el alimento más saludable para el recreo?
8. ¿Qué lácteo crees que es más saludable?
9. ¿Qué alimentos de los expuestos son más ricos en fibra?
10. ¿Qué tostada es la más saludable?

- Aprendizaje lúdico: Mediante retos que deben poner en práctica los equipos ganan recompensas. Los retos son tareas de tipo competencial que requieren una participación por equipos cuyos resultados/logros deberán presentarse al resto del grupo clase.

El proyecto se desarrolla en un total de 7 sesiones de una hora cada una.

Al finalizar todos los bloques de contenido en la siguiente sesión, se realiza el cuestionario final (posttest) con las mismas preguntas del pretest con el objetivo de evaluar el aprendizaje. Además, en esta ocasión, se añadieron al cuestionario final preguntas de opinión y/o valoración de la experiencia (**Tabla 2**), en el cual el alumnado debía valorar los recursos y materiales utilizados, las diferentes metodologías y el resultado final del proyecto, siendo en dicho cuestionario, 1 “*nada de acuerdo*”, 2 “*algo de acuerdo*”, 3 “*casi de acuerdo*” y 4 “*completamente de acuerdo*”.

METODOLOGÍA

Los principios psicopedagógicos en los que se basa *Obesity* son:

- Partir del nivel de desarrollo del alumno, considerando capacidades y conocimientos previos. En este sentido, tal y como se ha indicado anteriormente, el proyecto *Obesity* parte de un cuestionario previo que analiza sus conocimientos previos e ideas erróneas a partir de los cuáles se construye el conocimiento.
- Promover el desarrollo de la capacidad de “aprender a aprender”, desarrollar en el alumno la capacidad de discutir ordenada y razonablemente las cuestiones que puedan ir surgiendo, desarrollando así un espíritu crítico. El alumno en el proyecto *Obesity* trabaja en equipo mediante trabajo colaborativo, que es una manera de que los alumnos aprendan ayudándose los unos a los otros, lo cual favorece su integración. Todo componente del grupo deberá tener sus tareas específicas y ampliar individualmente su relación con la experiencia realizada colectivamente, especificando al mismo tiempo su contribución. Además, la metodología de *Flipped Classroom*, ayuda al incremento de compromiso e implicación con el contenido del curso y la mejora de su comprensión conceptual.
- Favorecer la construcción de aprendizajes significativos. Para ello es importante detectar los conocimientos y competencias previas, así como sus ideas erróneas, y así construir un aprendizaje que conecte con lo aprendido anteriormente y concluye, integrando lo nuevamente asimilado gracias al proyecto con la realización de un mapa conceptual.

Tabla 2. Preguntas de opinión y/o valoración

DISEÑO DEL CURSO	1	2	3	4
La página web me ha sido fácil de usar				
Me han parecido interesantes los apartados de cada etapa				
El orden de los contenidos está bien planificado				
Los recursos de la página web ayudan a hacer las actividades propuestas				
METODOLOGÍA	1	2	3	4
Me ha resultado interesante trabajar en colaborativo				
Creo que cuando trabajo en grupo aprendo más				
Me han parecido interesantes los retos				
Me ha parecido interesante el trabajo mediante <i>Flipped Classroom</i>				
DESARROLLO DEL CURSO Y RESULTADO DEL APRENDIZAJE	1	2	3	4
El tiempo que ha durado el proyecto me ha parecido el adecuado				
Considero que he aprendido más con el proyecto que con las clases habituales				

- Impulsar la participación del alumno. En *Obesity* el alumno trabaja de forma autónoma a través de la página web del Proyecto *Obesity*, en donde todos los recursos y materiales están a su disposición.
- Aprendizajes contextualizados. En este sentido, el proyecto diseñado plantea la alimentación como un ámbito importante de la vida de las personas y parte de una problemática, la obesidad, presente en la vida cotidiana del alumno.

RESULTADOS

Una vez finalizado el proyecto se procede a analizar los resultados de los cuestionarios pre y postest realizados por el alumnado, así como el cuestionario final de opinión y valoración.

Los resultados del pre y postest se muestran en la **figura 2**, en ella se representan el porcentaje de aciertos por cada pregunta en el cuestionario pre y postest. La diferencia entre las medias entre el pretest (5,333) y el postest (5,741) no resultaron estadísticamente significativas ($p=0,191$) aplicando una prueba de comparación de medias para muestras relacionadas.

Cabe comentar algunas de las cuestiones del test que merecen especial atención debido a que, en el postest, el número de aciertos fue más bajo. Las preguntas a las que se hace referencia son la pregunta 4, "¿Cuál de los alimentos que se proponen es el más completo?" Analizando los resultados se observa que a los alumnos no les ha quedado claro de cuál de ellos se trata. Con respecto a la pregunta 10, tampoco supieron seleccionar cuál podría ser la tostada más saludable. En ambos casos, los resultados obtenidos

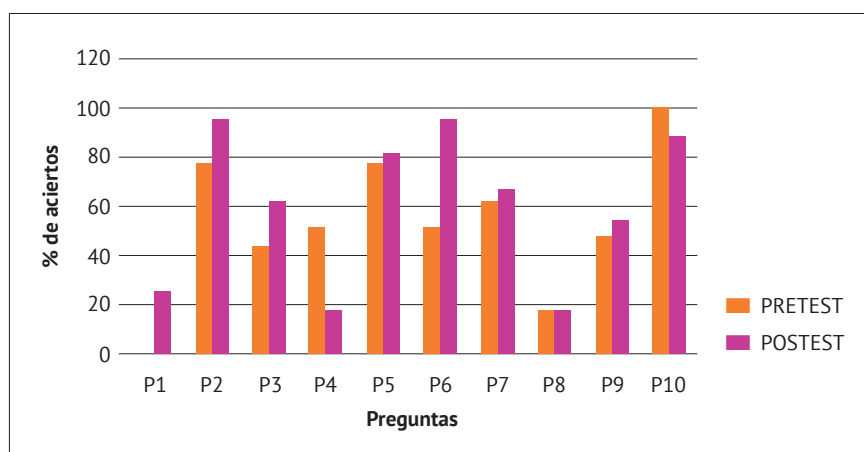


Figura 2. Porcentajes de aciertos en pretest y posttest.

servirán para analizar y revisar el Proyecto, ya que nos indican que hay algunos objetivos de aprendizaje del mismo que no se alcanzan mediante las actividades que se han diseñado.

Por otro lado, el cuestionario final de opinión y/o valoración realizada a los alumnos muestra resultados muy alentadores, que nos han permitido reafirmarnos en el proyecto a pesar de que los resultados de aprendizaje no son los esperados. Dichas valoraciones se comentan a continuación. Con respecto al diseño del curso el 92,5% de los alumnos consideran que les ha resultado fácil el uso de la página web, el 85% afirman que los contenidos de cada etapa son interesantes, un 96,3% consideran que los contenidos están bien planificados y un 92,5% les ayudan los materiales de consulta colgados en la web.

Con respecto al desarrollo del curso, el 74% considera que ha aprendido más con el proyecto que con clase magistral y un 70% considera adecuado el tiempo que ha durado el proyecto.

La valoración de los alumnos es, por tanto, bastante positiva, ya que este tipo de metodología les incentiva a aprender. Por otro lado, como aspectos a mejorar, aportaron el rediseño de la página web para que fuera los materiales sean más accesibles y revisar algunas actividades para promover que los objetivos de aprendizajes asociados a las mismas se puedan lograr por la mayoría del alumnado.

4. CONCLUSIONES. LIMITACIONES. LÍNEAS FUTURAS

La puesta en marcha del Proyecto *Obesity* en el curso 19/20 tenía como objetivo ser una prueba piloto que nos ha permitido conocer la idoneidad de los materiales diseñados, verificar la temporalización, así como conocer la opinión y valoración del alumnado todo ello con el objetivo de mejorarlo para su completa implementación.

En este sentido, somos conscientes que la muestra era muy escasa y de que al ser la primera vez que se ponía en marcha hubo que solventar problemas tecnológicos y de diseño de la página web susceptibles de mejora.

En el futuro el proyecto *Obesity* se implementará mediante un diseño cuasiexperimental en el que habrá un grupo control en una muestra mayor con el objetivo de que la investigación sea más rigurosa y los resultados significativos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2020) Obesidad y sobrepeso. [en línea]. Disponible en <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. [Consultado el 15/12/2020].
- [2] NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). 2017. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults Vol. 390, Num. 10113, p. 2627-2642. [en línea] doi: 10.1016/S0140-6736(17)32129-3.
- [3] OCDE. (2019). Prevalencia de sobrepeso y obesidad en España en el informe «The heavy burden of obesity» (OCDE) 2019 y otras fuentes de datos. [en línea]. Disponible en <https://www.oecd.org/health/health-systems/Heavy-burden-of-obesity-Policy-Brief-2019.pdf>.
- [4] AECOSAN. (2016). Estudio ALADINO 2015: *Estudio de Vigilancia del Crecimiento, Alimentación, Actividad Física, Desarrollo Infantil y Obesidad en España 2015*. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. [en línea]. Disponible en: http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/nutricion/observatorio/Estudio_ALADINO_2015.pdf.
- [5] LUCIAÑEZ SÁNCHEZ, G. (2018). ¿Qué enseñar sobre alimentación y nutrición? El desarrollo de la competencia en alimentación: proyecto Obesity. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, E; BARATAS DÍAZ, A y BRANDI FERNÁNDEZ, A. (eds). *Investigación y Didáctica en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Experiencias didácticas en el ámbito STEM*. Madrid, Santillana. pp. 147-154.
- [6] CABELLO, A. ESPAÑA, E. BLANCO, A. (2016). *La competencia en alimentación*, Barcelona, Editorial Octaedro.
- [7] NOVA, E; GÓMEZ, S; MARCOS, A. (2013). Trastornos de la conducta alimentaria. En: Varela Moreiras (coord.). Libro Blanco de la Nutrición en España (pág. 289-296). Madrid: Fundación Española de la Nutrición.
- [8] MAYOR ZARAGOZA, F (2000), Prólogo en Requejo, A.; Ortega, R. *Nutriguía: manual de nutrición clínica en atención primaria*, Madrid, Editorial Complutense, pp.23-24.
- [9] BERGER NA. (2018). Young Adult Cancer: Influence of the Obesity Pandemic. *Obesity (Silver Spring)*, 26(4):641-650. [en línea] doi: 10.1002/oby.22137.
- [10] LUCIAÑEZ SÁNCHEZ, G., SOLÉ-LLUSSÀ, A., VALLS BAUTISTA, C. (2021). La obesidad. Un enfoque multidisciplinar como paradigma para enseñar en el aula (The obesity. A multidisciplinary approach as a paradigm for teaching in the classroom). *Retos*, 42, 353-364. [en línea] doi: 10.47197/retos.v42i0.87153.
- [11] Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato [en línea]. Disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf> [Consultado el 20/03/2021].

CREATIVIDAD Y EDUCACIÓN: ALIADOS PARA UN APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Marina Magaña Ramos

Facultad de Educación-Centro de Formación del Profesorado. Universidad Complutense de Madrid (España).

Dirección de correspondencia: mmaganar@ucm.es

Palabras clave: creatividad; educación; enseñanza; docente.

Keywords: creativity; education; teaching; teacher.

Resumen

Este trabajo pretende facilitar al docente una serie de métodos y recursos que sirven de apoyo para convertir el proceso de enseñanza en un escenario propicio para la estimulación de la creatividad, facilitando de esta manera a los alumnos la necesaria contextualización de los conocimientos. Con todo ello, se procura que el profesor consiga ofrecer una visión más amplia y diferente a la utilizada tradicionalmente para desarrollar los contenidos curriculares, generando nuevas ideas, nuevas preguntas y respuestas, diferentes e innovadoras, a los planteamientos didácticos tradicionales. Se facilita así, en un ambiente más distendido y colaborativo, la libre expresión de las ideas de los alumnos, que el profesor irá orientando para conseguir los objetivos deseados.

Abstract

This work aims to provide the teacher with a series of methods and resources, which serve as support to turn the teaching process into a favorable setting for the stimulation of creativity, thus facilitating the students the necessary contextualization of knowledge. With all this, it is sought that the teacher manages to offer a broader and different vision than that traditionally used to develop the curricular contents, generating new ideas, new questions and answers, different and innovative, to the established didactic approaches. Thus, in a more relaxed and collaborative environment, the free expression of students' ideas, which the teacher will guide to achieve the desired objectives.

Decía de la Torre: la creatividad es “el proceso de transformación de la información disponible para dar origen a nuevas ideas o relaciones” [1], y Menchén opina que “la creatividad es una necesidad primaria y su ausencia produce un estado general de insatisfacción y aburrimiento” [2].

Es obligación de los centros educativos estimular, a través del ejercicio del docente, la creatividad del alumno. Por esta razón, los profesores deben ser agentes activos que inciten esta creatividad aprovechando las cualidades innatas de los alumnos.

A través del diseño y planificación de actividades didácticas, es factible el desarrollo de la imaginación y del pensamiento divergente, que sirvan para propiciar un diálogo constructivo. Piaget defendía la idea de que la educación debía servir para hacer personas creadoras, inventoras, innovadoras y no conformistas [3].

En este trabajo vamos a sugerir una serie de métodos y recursos que deben servir de apoyo para convertir el proceso de enseñanza en un escenario propicio para la estimulación de la creatividad, facilitando de esta manera a los alumnos la contextualización de los conocimientos. Con todo ello, se procura que el profesor consiga ofrecer una visión más amplia y diferente a la utilizada tradicionalmente para desarrollar los contenidos curriculares, generando nuevas ideas, nuevas preguntas y respuestas, diferentes e innovadoras, a los planteamientos didácticos establecidos. Se facilitará así, en un ambiente más distendido y colaborativo, la libre expresión de las ideas de los alumnos, que el profesor ira orientando para conseguir los objetivos deseados.

La creatividad encuentra pocos detractores en los contextos educativos. Todos los autores que han estudiado e investigado la creatividad contemplan la gran importancia que tiene su desarrollo en la escuela, en cualquier nivel educativo.

Concretamente, en las últimas décadas, las investigaciones sobre creatividad han sido objeto de estudio para muchos investigadores en el campo de las Ciencias de la Educación [4].

Es necesario favorecer el desarrollo creativo en los procesos de enseñanza-aprendizaje, a través de actividades que promuevan en los alumnos la necesidad de aprender creando. Toda persona posee un potencial creativo que es innato, y que puede ser estimulado y entrenado para alcanzar un desarrollo óptimo e integral a lo largo de su educación [5].

Es importante que los docentes enseñemos a crear, no solo a reproducir los contenidos que impartimos en el aula; la sola consideración de contenidos conceptuales en los programas de estudio ofrece a los alumnos pocas herramientas para trabajar en situaciones reales. Por ello es necesario canalizar la curiosidad del alumno formulando preguntas que le permitan reflexionar, contrastar y estructurar sus ideas.

Utilizando un método didáctico como es la estrategia de *formulación y resolución de problemas*, las interacciones con los alumnos son abiertas y flexibles, apoyando a los alumnos en sus propias ideas, para que consigan desarrollar y profundizar sus intereses. Los dotes y talentos de cada alumno deben ser reconocidos y valorados de manera que empiecen a creer profundamente en sus propias capacidades y sientan que son capaces de usarlos para contribuir creativamente en el aula, así como en la sociedad. De este modo, se promueven el pensamiento divergente y los cambios de perspectivas, que, a su vez, constituyen una base importante para el proceso creativo. Como educadores, sabemos que una buena autoconfianza es una gran motivación para el aprendizaje. Es necesario que los alumnos asuman el proceso de interacción y de intercambio de ideas como una responsabilidad, es decir, como una relación personal y social entre unos y otros. A través del lenguaje la persona localiza y ordena los elementos que observa, e identifica y clarifica lo que se dice en la discusión.

Es necesario construir contextos educativos donde se propicie el placer por aprender; conocer e investigar en interacción con los demás y sobre la base del respeto mutuo de las ideas y los intereses [6]. Esto implica la creación de propuestas imaginativas donde se trabaje un “aprendizaje relevante” que favorezca la motivación, colaboración e implicación del alumno para conseguir que el aprendizaje sea efectivo.

Los contextos educativos deben ser espacios que muestren a los alumnos el placer de pensar, aprender, descubrir y crear; como así también el compromiso y la responsabilidad con que dichas actividades tienen que realizarse. Tal vez, ayudar a los alumnos a encontrar el sentido y el significado de aprender y crear sea el gran desafío de la educación.

Otros métodos didácticos como *el aprendizaje a través del descubrimiento*, *aprendizaje basado en proyectos* y *el aprendizaje orientado a la acción* estimulan especialmente los procesos creativos y se consigue considerar los contenidos curriculares desde una perspectiva de generalidad alejándonos de la especialización por materias. Los alumnos tratan los problemas planteados desde perspectivas diferentes y relacionan ideas de distinto orden.

Por otra parte, el docente debe ofrecer herramientas para facilitar el trabajo integrativo entre distintas disciplinas en el contexto educativo. Además, el trabajo entre diversas disciplinas es esencialmente creativo, ya que supone integrar contenidos de dos o más disciplinas para crear algo nuevo.

Para conseguir el éxito de las técnicas propuestas el docente puede seguir algunas pautas como las siguientes:

1. Reconocer y recompensar las manifestaciones creativas que el alumnado exprese.
2. Incentivar el trabajo cooperativo creando un escenario donde se resalte el papel de la interacción.
3. Orientar a los alumnos en los distintos campos.
4. Propiciar un clima relajado y motivador.
5. Planificar una programación que se adapte a las necesidades e intereses de los alumnos.
6. Incentivar la autocorrección y autonomía, haciendo al alumno protagonista de su aprendizaje.

Por otra parte el alumnado, como dice Huidobro [7], debería desarrollar en este espacio creativo las siguientes cualidades: agudeza en la observación, apertura a la experiencia, autoconfianza, autonomía, capacidad de concentración, capacidad de síntesis, capacidad para usar la imaginación, capacidad para ordenar y secuenciar, competencia intelectual, curiosidad, disciplina de trabajo, emotividad, intuición, motivación intrínseca, originalidad, persistencia y tendencia a la exploración.

A continuación, se proponen algunos recursos didácticos para propiciar la creatividad:

Elaboración de relatos cortos imaginativos por parte de los alumnos y la realización de circuitos pedagógicos cuidadosamente diseñados por el docente que estén formados por actividades de diferente índole.

En la *Creación de relatos cortos* las historias de los relatos deben ser construidas sobre la base de contenidos presentes en el currículum. Esta creación de relatos se utiliza como una plataforma para favorecer la exploración, el autoconocimiento, el espíritu creativo y el trabajo colaborativo. Todo ello le permite al alumno ser protagonista de su propio aprendizaje. En este proceso creativo los alumnos investigan, planifican, organizan, registran, relacionan... en un espacio en el que se implican como protagonistas. Este proceso requiere de inspiración, de intuición, espontaneidad y expresión personal pero también de trabajo en equipo, análisis de propuestas, consenso, lluvia de ideas, así como un equilibrio entre la generación de ideas y la maduración de las mismas.

Con la elaboración de relatos se ofrece a los alumnos la posibilidad de expresarse en la búsqueda de los contenidos científicos, responsabilizándose de su aprendizaje de manera que pueda interiorizarlo y posteriormente redactarlo, desarrollando su creatividad y su manera de ver el mundo. Los contenidos implícitos en los relatos son desarrollados para darle una explicación lógica a la trama de la historia, favoreciendo la interconexión de contenidos, contribuyendo a organizar la información que queremos abordar, facilitando la construcción de hipótesis y despertando la motivación y la curiosidad de los alumnos.

Mediante la narrativa plasmada en el cuento, los alumnos tienen la oportunidad de ampliar y consolidar sus conocimientos científicos a través de la creación de diversas situaciones, reales o ficticias, que faciliten su entendimiento. El tratamiento creativo-narrativo de la multitud de contenidos incluidos en el currículum de ciencias, permitirá a los alumnos profundizar en el papel determinante y fundamental que ha tenido y tiene la ciencia en el conocimiento y el progreso de la humanidad y profundizar cognitivamente en la condición del ser humano como parte de la naturaleza, su capacidad de interacción con el medio natural y social, y las consecuencias de sus acciones sobre esta.

Para conseguir que este recurso tenga éxito ha de ser preparado detalladamente por el docente, previendo y analizando los contenidos que se van a tratar, la temporalización que va a ocupar el tratamiento de cada tema, teniendo en cuenta su dificultad y las actividades previas, intercaladas, posteriores o complementarias que se pueden llevar a cabo.

Es indudable que uno de los elementos más importantes de la educación es la comunicación, la narrativa que en este caso se desarrolla en formato de cuento ofrece unas formidables capacidades comunicacionales, ya que es capaz de generar muchas e importantes interacciones entre los alumnos y el profesor. La idea de integrar la narrativa en el aula tiene como fin mejorar el entendimiento de la ciencia. Fomentar el interés de los alumnos hacia la ciencia, así como propiciar todos aquellos procesos de reflexión y conceptualización que son esenciales para el trabajo científico.

La literatura es interdisciplinar, por lo que un cuento es una óptima plataforma para desarrollar enfoques y tratamientos científicos diversos, al tiempo que debe ser utilizada como una herramienta didáctica y creativa indudablemente útil para trabajar todas aquellas áreas y contenidos presentes en la educación.

Al poner en práctica esta estrategia podemos ser testigos de forma precisa de como la narración literaria es catalizadora en el objetivo de generar debate, no sólo sobre ciencia, sino también sobre el papel del científico, la relación de la sociedad con la ciencia y todos aquellos temas que se generan en el contexto de acercamiento al aprendizaje científico.

Como consejo para la puesta en práctica en el aula, los relatos que se confeccionen deben poseer 3 partes:

1. Planteamiento. Es la parte inicial del relato en la que se sientan las bases de lo que sucederá en el nudo.
2. Nudo. En esta parte surge el conflicto y tienen lugar los hechos más importantes.
3. Desenlace. En esta parte tiene solución la historia y finaliza la narración.

Cada relato es conveniente que este ilustrado por uno o varios dibujos realizados por los autores, que serán originales y explicativos del tema que trata. Las ilustraciones que se elaboran para el relato también juegan un papel importante en la función pedagógica, ya que estas mejoran la comprensión de los contenidos y facilitan el aprendizaje al mostrar de forma gráfica las relaciones entre los diversos elementos que se describen en el texto. Es preciso incluir actividades dirigidas de un modo especial a poner de manifiesto el papel actual e histórico de las imágenes en la construcción de la ciencia [8]. Al final de cada relato puede aparecer una sección titulada: “*No te puedes olvidar*” donde se recoja de forma escueta y clarificadora, los conceptos científicos involucrados en la historia.

Los *circuitos pedagógicos* deben estar formados por diferentes actividades con contenidos interdisciplinares científicos que les confieran un carácter didáctico innovador que se realizan en localizaciones diferentes al aula tradicional, en las que los alumnos tienen a su disposición múltiples recursos, incluyendo nuevas tecnologías. El empleo de las nuevas tecnologías nos ayuda al conocimiento *in situ* de la naturaleza y la utilización de estos medios suponen un recurso imprescindible para adaptarse a las necesidades de la sociedad actual, por lo que hay que abogar para que las instituciones de educación flexibilicen y desarrollen vías de integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los procesos de formación.

La ejecución de este tipo de circuito pedagógico propicia el trabajo por competencias, desarrollando un proceso de aprendizaje activo y participativo con un enfoque multidisciplinar, con el objeto de conocer diversos aspectos, sectores o ámbitos de un mismo problema convirtiéndose en un valioso instrumento integrador y vertebrador del currículum.

La participación en estas actividades de grupos de alumnos acrecienta las oportunidades de acceder a conocimientos, trabajar diferentes competencias básicas, así como introducir, desarrollar y complementar una gran variedad de objetivos y contenidos. La participación en estos circuitos pedagógicos requiere la resolución de múltiples problemas de manera simultánea y son propicias para desplegar pensamientos y producciones creativas, que permite que los alumnos integren sus aprendizajes y puedan utilizarlos de manera efectiva cuando les resulte necesario, en diferentes situaciones y contextos, desarrollando un enriquecimiento de la curiosidad suscitada por nuestro entorno natural.

Para la puesta en práctica de esta metodología se diseña una secuencia de actividades que incluya tanto actividades de reflexión teórica como experiencias prácticas, dentro y fuera del aula.

Con la utilización de esta herramienta didáctica se propone:

1. Seleccionar los elementos (bióticos y abióticos) que componen nuestro entorno.
2. Diseñar y desarrollar las salidas fuera del aula con un enfoque innovador que incluye contenidos de biología incorporando el uso de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
3. Proporcionar una metodología para trabajar de forma cooperativa, validando la acumulación de experiencias individuales y colectivas, así como los diferentes puntos de vista ante determinados planteamientos.
4. Evaluar dimensiones de la competencia científica (plantear problemas, formular hipótesis, diseñar estrategias, tomar datos, comunicar resultados...)
5. Manejar materiales digitales con un sentido integrado en la educación.
6. Potenciar actitudes hacia el trabajo científico y de respeto hacia el entorno los elementos que lo componen.
7. Potenciar un aprendizaje variado, mediante la utilización de diferentes técnicas y recursos y la variación de actividades prácticas.

Elaborar un relato, realizar un itinerario y muchas otras actividades que impliquen la interacción entre los alumnos y el trabajo colaborativo pueden convertirse en oportunidades genuinas de desarrollar la creatividad. La incorporación de nuevas prácticas de enseñanza, son cambios que están relacionados, con los procesos de innovación y mejoras en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] DE LA TORRE, S. (1998) Creatividad y cultura. En MARÍN IBÁÑEZ, R., LÓPEZ-BARAJAS ZAYAS, E., MARTÍN GONZÁLEZ, M.T. (coords.). *Creatividad polivalente. Actas y Congresos*, pp.125-127. Madrid, Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- [2] MENCHÉN BELLÓN, F. (1998) *Descubrir la creatividad. Desaprender para volver a aprender*. Madrid, Ediciones Pirámide.
- [3] PIAGET, J. (1964) Parte I: Desarrollo cognitivo en niños: desarrollo y aprendizaje de Piaget. *Revista de investigación en la enseñanza de las ciencias* 2 (3), 176-186.
- [4] PRIETO SÁNCHEZ, M.D., LÓPEZ MARTÍNEZ, O., FERRANDIZ GARCÍA, C., BALLESTER MARTÍNEZ, P., BERMEJO GARCÍA, M.R., GARCÍA LÓPEZ (2003) *La creatividad en el contexto escolar. Estrategias para favorecerla*. (1ª ed.) Madrid, Ediciones Pirámide.
- [5] CUEVAS ROMERO, S. (2013) Creativity in education, its development from a pedagogical perspective. *Journal of Sport and Health Research* 5(2), 221-228.
- [6] ELISONDO, R., DONOLO, D., RINAUDO, M.C. (2008) Ocasiones para la creatividad en contextos de educación superior. *Red-U. Revista de Docencia Universitaria* 4, en http://www.um.es/ead/Red_U/4 [Consultado el 07/03/2021]
- [7] HUIDOBRO SALAS, T. (2002) *Una definición de la creatividad a través del estudio de 24 autores seleccionados*. Dpto. de Psicología Básica II. Procesos Cognitivos, de la Universidad Complutense de Madrid.
- [8] PERALES, F.J., JIMÉNEZ, J.D. (2002) Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias* 20 (3), 369-386.

APLICACIONES DIDÁCTICAS DEL ESTUDIO DE LA COBERTURA VEGETAL

Sofía Martín Nieto¹ y Carlos J. Martín Blanco²

¹ I.E.S. Santa Teresa, C/ Fomento, 9. 28013. Madrid

² I.E.S. Maestro Matías Bravo, Avda. Mar Egeo, s/n. 28341 Valdemoro (Madrid)

Dirección de correspondencia: **biología.mmb@gmail.com**

Palabras clave: ecología vegetal; vegetación; líquenes; transecto; evaluación.

Keywords: plant ecology; vegetation; lichens; transect; assessment.

Resumen

Actualmente resulta difícil concebir métodos de enseñanza que no tengan en cuenta aspectos prácticos, especialmente en la didáctica de las ciencias naturales. En esta línea hemos desarrollado diversos trabajos prácticos, tanto de laboratorio como de campo. La importancia de los trabajos de campo como herramienta educativa es evidente. Se prestan al aprendizaje y evaluación cooperativos y permiten abordar tanto contenidos conceptuales como destrezas básicas implicadas en el muestreo y obtención de datos.

Las actividades presentan un problema ecológico (de tipo metodológico) muy concreto: la determinación de la cobertura en una comunidad vegetal. Aprovechando los métodos de estimación más usuales, introducimos a los alumnos en otras facetas del trabajo de campo como son la teledetección o el análisis estadístico de los datos. Todo ello nos permite trabajar con múltiples contenidos ecológicos como cobertura, frecuencia, transecto, muestreo, límite de tolerancia, interacción abiótica, factores abióticos, factores bióticos, población o comunidad.

Los trabajos realizados por nuestros alumnos van dirigidos principalmente a la consecución de competencias y no al almacenamiento de contenidos. Por esto hemos evaluado distintas fases de desarrollo de los proyectos, considerando la evaluación formativa, la autoevaluación y coevaluación y la metaevaluación. La interacción de estos tipos de evaluación da como resultado una evaluación formadora (emergente) que desarrolla el alumno como resultado del autoaprendizaje.

Abstract

It is difficult to conceive 21st century learning approaches which do not keep in mind practical aspects, specially in teaching the natural sciences. Along these lines we have developed several field and lab experiences. The importance of these field works as an educational tool is evident. This kind of research is adequate for cooperative learning and assessment and allows working not only on wider conceptual contents but also on basic skills involved in sampling and data gathering.

The activities that we show address a very specific ecological problem: cover determination in a plant community. Taking advantage of the most used estimation methods we introduce students to some other fieldwork facets such as teledetection or statistical data analysis. All that leads to teach multiple ecological concepts such as cover, frequency, transect, sampling, tolerance limit, abiotic interaction, abiotic factors, biotic factors, population or community.

Papers made by our students were focused on achieving skills instead of storing contents. For this reason we have assessed the different phases of the projects considering the formative evaluation, self-evaluation, co-evaluation and meta-evaluation. Interaction of these types of evaluation becomes in a former (emergent) one which promotes students development as a result of self-learning.

1. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje en el siglo XXI no puede seguir patrones memorísticos encaminados al almacenamiento de contenidos, sino ir enfocado a que los alumnos sean capaces de aplicar lo que aprenden [1], al generar y conectar nuevas ideas [2].

Por otra parte, es muy importante el aprendizaje fuera de los centros educativos, especialmente en el caso de las ciencias naturales [3], aunque existen algunos problemas que disuaden de la realización de trabajos de campo con alumnos [4], como la seguridad, el coste o el tiempo.

En el presente trabajo damos cuenta de dos experiencias educativas de campo, con una actividad previa de preparación en el laboratorio-aula, que hemos desarrollado en nuestro centro para abordar conceptos ecológicos utilizando trabajos de campo. En ambos casos, hemos desarrollado una estrategia de enseñanza para potenciar el aprendizaje basado en la indagación, dado su gran potencial [1]. Entre los beneficios que esta metodología aporta a los alumnos se encuentran la mejora del pensamiento crítico y la confianza de los alumnos en su aprendizaje. Uno de los casos que se muestran es un trabajo individual y el otro, un trabajo cooperativo. En cada uno de ellos hemos utilizado diferentes formas de evaluación para ajustarla al tipo de trabajo realizado. Ambos trabajos tienen en común el instrumento que sirve de núcleo a la investigación: el estudio de la cobertura vegetal.

2. MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN

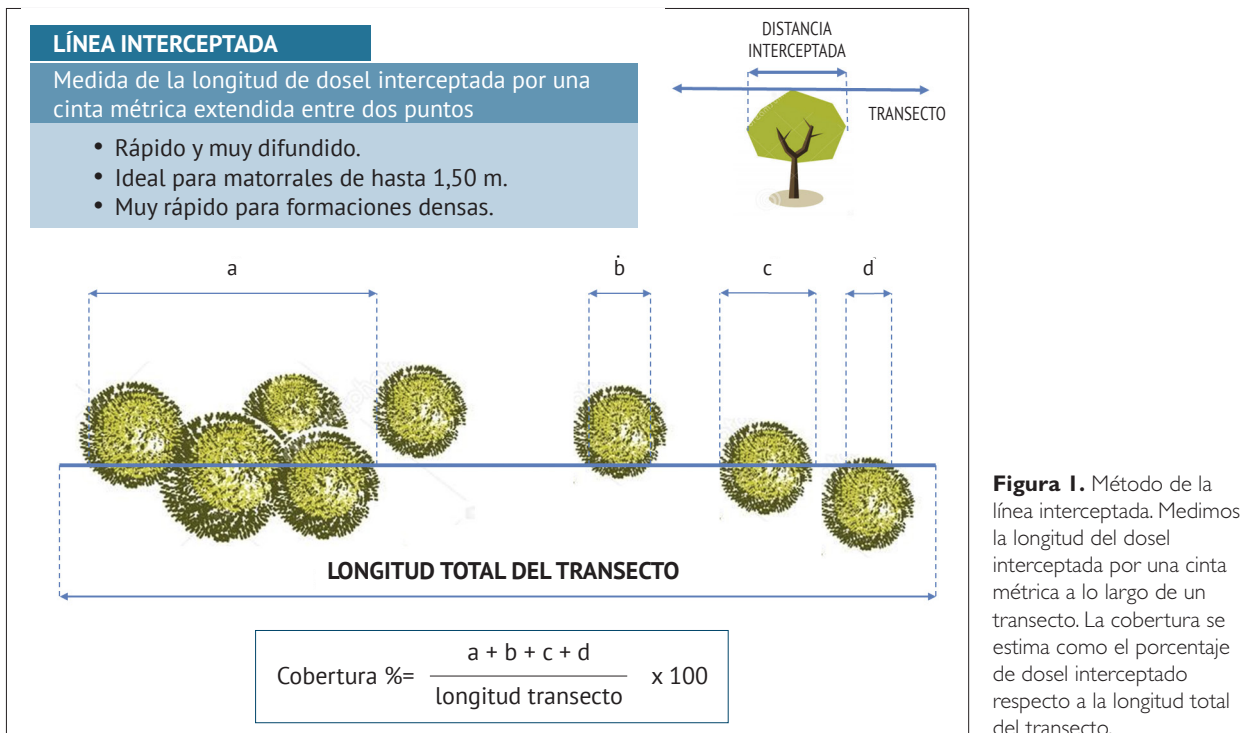
El texto de Elzinga et al. [5] recopila las principales formas de muestreo de la vegetación: densidad, frecuencia y cobertura. De las tres, nos pareció más interesante para trabajar con alumnos de Secundaria la tercera, ya que resulta más intuitiva y fácil de entender; por tratarse de la proyección del dosel en la superficie terrestre y, por tanto, se puede asociar a una imagen.

La estimación de la cobertura tiene múltiples propósitos [6], como la descripción de comunidades, interacciones planta-entorno, monitorización de cambios o evaluación de restauraciones. Publicaciones más recientes se centran en la estimación utilizando métodos de teledetección para el estudio de comunidades vegetales [7].

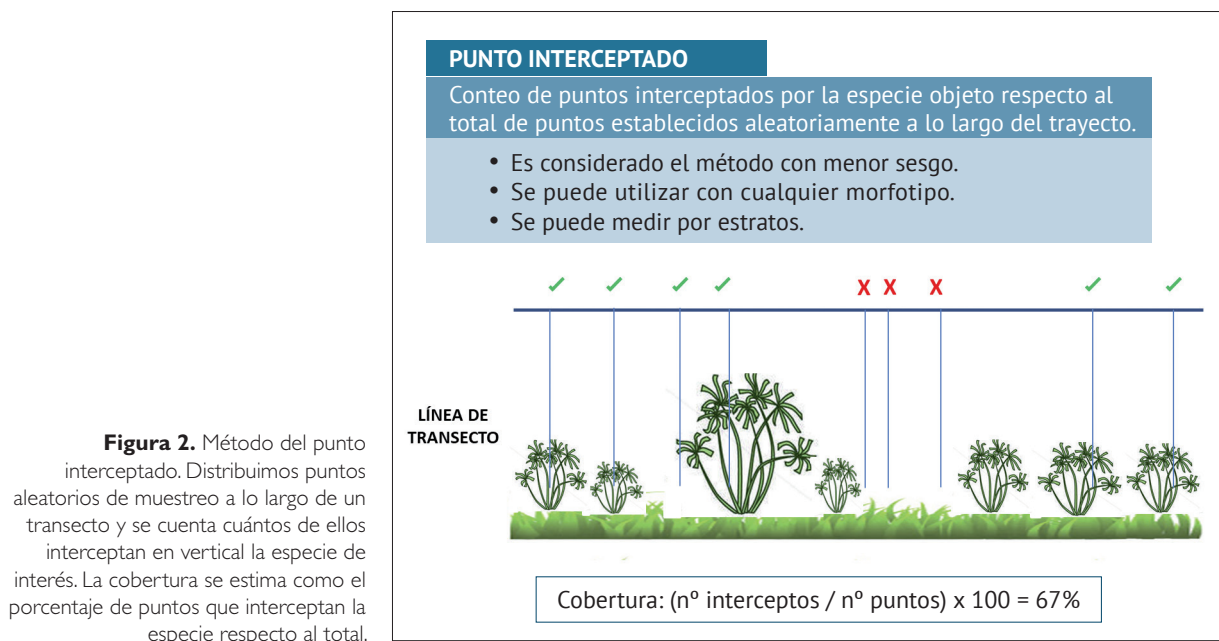
Hay tres métodos principales de estimación de la cobertura [5]: estimación visual en cuadrantes, método de la línea interceptada y el método del punto interceptado.

El primero consiste en elaborar una partición de los porcentajes en un cierto número de intervalos, de modo que a cada intervalo se le hace corresponder con un índice numérico que lo representa. El investigador tiene que estimar la cobertura deseada asignando el índice que mejor se ajuste a la observación. Este método fue ideado por J. Braun-Blanquet [8] con índices que abarcan del 1 al 5.

El método de la línea interceptada se ha utilizado para caracterizar la cobertura de la vegetación en múltiples trabajos. Consiste en medir la longitud de dosel interceptada por una cinta métrica extendida entre dos puntos a lo largo de un transecto (**figura 1**).



Una variación de este método es el del punto interceptado que se ha utilizado tanto para estimar la cobertura [9] como la biomasa [10]. En este caso se dispone aleatoriamente un cierto número de puntos de muestreo a lo largo del transecto y se verifica si en la vertical se encuentra o no la especie cuya cobertura se desea estimar (figura 2).



Los métodos de la línea interceptada y punto interceptado ofrecen resultados similares [11].

3. NUESTRA APLICACIÓN

Entre los contenidos que desarrollamos en nuestros cursos de “Biología” y “Sistemas Ambientales y Sociedades” del Programa del Diploma de Bachillerato Internacional se encuentran bloques dedicados a la Ecología y la Biodiversidad. Dichos contenidos son tanto de comprensión como de aplicación y desarrollo de habilidades. Para desarrollarlos, hemos diseñado diversas actividades que llevan como hilo conductor el estudio aplicado de la cobertura vegetal.

3.1 Método de estimación visual

Esta actividad la planteamos como una introducción al concepto de cobertura vegetal. En ella se explica el método de Braun-Blanquet y se aporta a los alumnos una tarjeta para facilitar la estimación de la cobertura mediante índices del 1 al 5. Como primera aproximación, se plantean a los alumnos diversas situaciones teóricas utilizando cuadrados coloreados que representan una o dos especies. A continuación, los alumnos se enfrentan a situaciones reales utilizando imágenes de *Google Earth* (figura 3). Esta actividad permite incluir contenidos de teledetección.

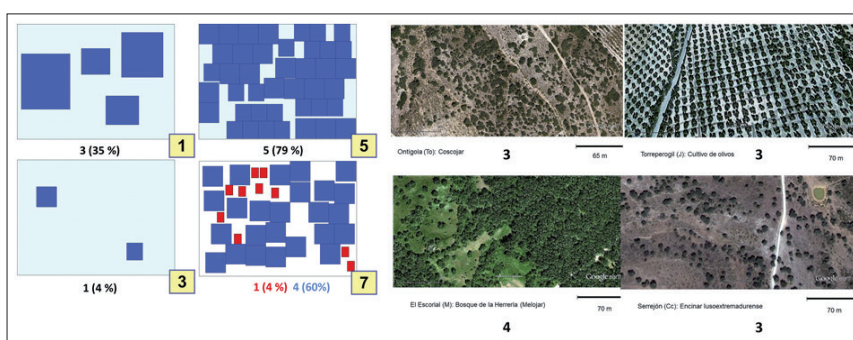


Figura 3. A la izquierda, tarjetas con cuatro ejercicios para la estimación de la cobertura utilizando el índice de Braun-Blanquet. Los cuadros numerados son los identificadores de las tarjetas. Los cuadrados internos representan 1 ó 2 especies en diferentes colores. En la base mostramos el índice correcto para estimar la cobertura y, entre paréntesis, el porcentaje real cubierto. A la derecha, imágenes de *Google Earth* utilizadas para estimar la cobertura de distintas comunidades vegetales. En la base de cada imagen se muestra la localidad, formación vegetal, escala y cobertura real.

3.2 Líquenes como indicadores de la contaminación atmosférica

Los líquenes se han relacionado con la calidad del aire desde finales del siglo XIX. El uso de los líquenes como bioindicadores de la contaminación requiere una estimación de su abundancia en las cortezas de los árboles. Calatayud y Sanz [12] en su estudio de parcelas forestales dentro del Sistema Pan-Europeo para el seguimiento intensivo y continuo de los sistemas forestales en España calcularon el IPA (índice de pureza atmosférica) definido por Ammann et al. [13]. Nosotros hemos utilizado el mismo método modificándolo ligeramente y estimando la cobertura en lugar de la frecuencia.

Se seleccionaron árboles de ocho puntos de muestreo repartidos por el municipio de Valdemoro (Madrid, España). En cada uno se hizo una estimación de la exposición a contaminantes realizando conteos de los vehículos circulantes en distintos momentos del día (figura 4). Como resultado, se clasificaron las estaciones en tres niveles de contaminación: alto, medio y bajo.

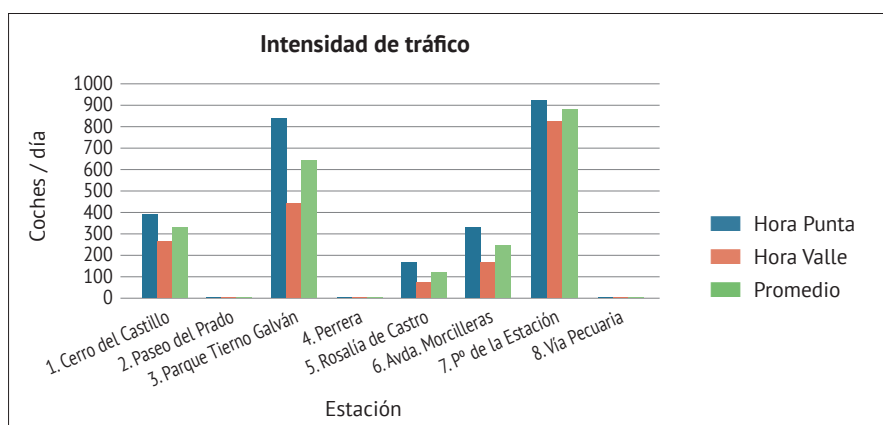


Figura 4. Estimación de la intensidad del tráfico en las estaciones estudiadas.

En cada una de las estaciones se realizaron 10 inventarios en otros tantos árboles utilizando rejillas de 1 cm x 1 cm dibujadas en un acetato para poder determinar en cuántas celdas de la cuadrícula de 10 cm x 10 cm se encontraba cada especie líquénica (**figura 5**). Puede optarse también por no identificar los líquenes si entraña mucha dificultad y utilizar entonces la cobertura líquénica total.

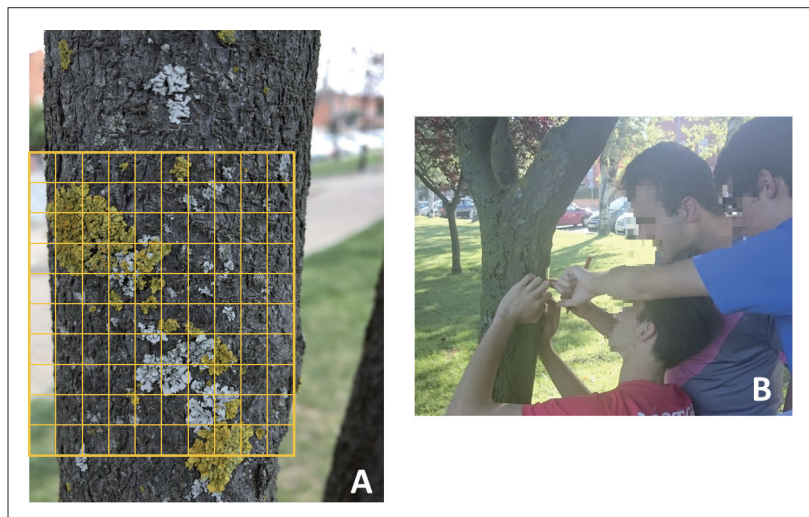


Figura 5. A) Cuadrícula de diez centímetros de lado utilizada en los muestreos. Internamente se divide en celdas de un centímetro de lado. **B)** Alumnos muestreando en una de las exposiciones de un árbol.

En los inventarios aparecieron tres especies: *Physcia aipolia*, *Xanthoria parietina* y *Melanelixia subaurifera*. No se aprecian tendencias claras por lo que, en este caso, no se pudo establecer una clara relación entre contaminación atmosférica y cobertura de líquenes. Los alumnos concluyeron que los resultados no eran estrictamente comparables porque utilizaron como forófitos para muestrear árboles de diferentes especies.

Aunque los resultados no fueron los esperados, la experiencia didáctica fue positiva, ya que iba encaminada más a la aplicación de la metodología que a los resultados finales. Por otra parte estos resultados indujeron a los alumnos a evaluar su investigación y replantearse el procedimiento desarrollado. Esta actividad se concibió como una investigación en grupo para fomentar el trabajo y la evaluación cooperativos.

3.3 Estudio de la cobertura vegetal en el Río Cofio

En enseñanza secundaria la cobertura vegetal no ha sido muy utilizada como recurso didáctico. En España se ha propuesto para la realización de estudios de diversidad biológica mediante transectos [14], o como un valor a tener en cuenta en el diseño de itinerarios didácticos [15].

En nuestro caso, el estudio de la cobertura vegetal del río Cofio fue planteado por un alumno que decidió realizar la investigación individual requerida por el programa de la asignatura de Sistemas Ambientales y Sociedades. La investigación pretendía averiguar si la cobertura vegetal del ecosistema de ribera era similar en ambas márgenes o si había diferencias debidas a la acción humana.

Este río se encuentra localizado en la zona oeste de la Comunidad de Madrid y marca el límite entre dos municipios desigualmente poblados. La zona concreta de muestreo fue elegida por su fácil acceso, en un meandro, cuya margen derecha pertenece al municipio de Valdemaqueda y la margen izquierda, al municipio de Robledo de Chavela, más poblado.

Para el estudio de la cobertura vegetal se utilizó el método de línea interceptada, realizando quince transectos perpendiculares al cauce, de 20 m de longitud, en cada una de las márgenes del río. La vegetación muestreada se limitó a árboles y arbustos que se identificaron mediante la utilización de claves. Los datos obtenidos se recogieron en tablas, una para cada margen del río y se mostraron mediante gráficas (**figura 6**).

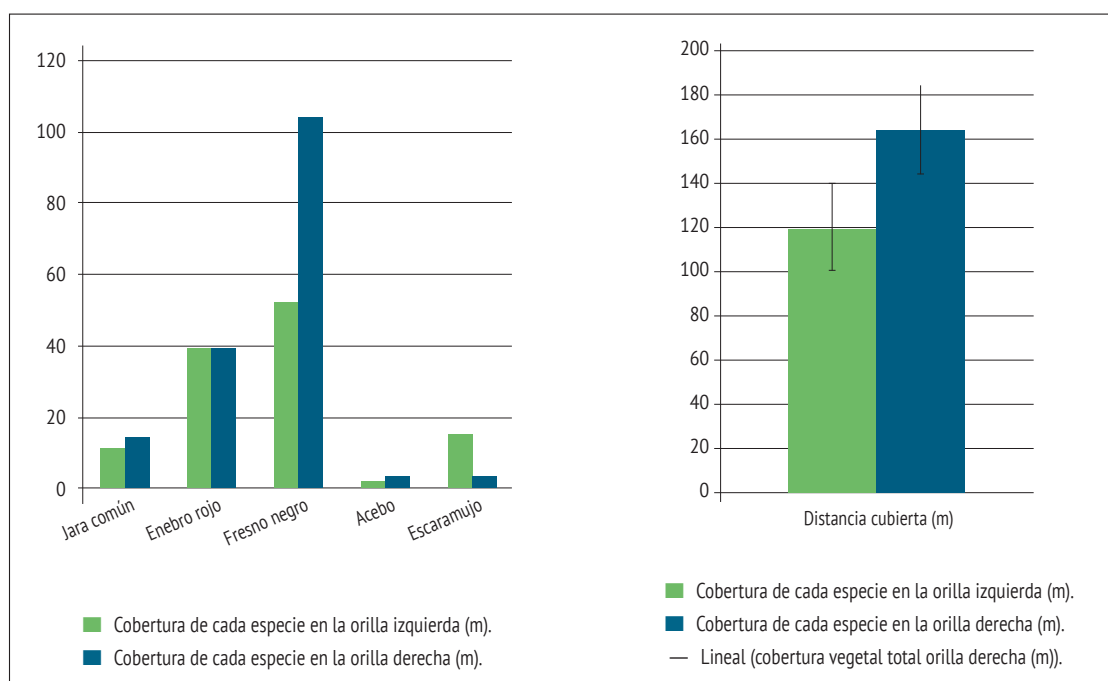


Figura 6. Representación gráfica de la cobertura vegetal obtenida en ambas márgenes del río Cofío (de forma global y por especies).

La comparación de la cobertura de ambas márgenes se realizó mediante la prueba estadística *t* de Student que no arrojó diferencias significativas excepto en dos especies (el fresno y el escaramujo) que se acercaban mínimamente al nivel de significación. Los datos obtenidos nos informan de que la margen derecha es la zona con mayor cobertura total y donde el fresno es más abundante y se encuentra el municipio de Valdemaqueda, el menos poblado. La margen izquierda, con menor cobertura total, menor cobertura de fresno y mayor de escaramujo, es donde se encuentra el municipio de Robledo de Chavela, más poblado. Estos datos, sin ser concluyentes, aluden a que una mayor presión demográfica sí ha podido influir en la pérdida de cobertura vegetal y la sustitución de una especie arbórea por otra de la orla arbustiva.

4. EVALUACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

La evaluación de las actividades prácticas de biología, tanto de campo como de laboratorio, no siempre es llevada a cabo por el docente al encontrarse con diversas dificultades, como pueden ser la escasez de tiempo para que el alumno aprenda a realizar un adecuado informe de las mismas, la disposición de tiempo del docente para realizarla o la dificultad de valorar la aportación individual a un trabajo de grupo, entre otras.

Si, como hemos mostrado, consideramos la faceta motivadora de estas actividades y su papel en la consecución de competencias y habilidades biológicas, no podemos olvidar la evaluación de las mismas. La evaluación puede aportar datos diversos, no solo sobre las competencias adquiridas por los alumnos, también de su contribución a estimular el aprendizaje o el trabajo en grupo. Esto permite que alumnos que tienen dificultades para adquirir determinadas competencias en el aula obtengan una más que satisfactoria valoración en estas actividades, lo que contribuirá a la obtención de mejores resultados y servirá de estímulo.

Las modalidades de evaluación son diversas, según el momento en que se apliquen, la función de la misma, el agente evaluador, los agentes implicados o el normotipo [16]. Las dos actividades expuestas han sido evaluadas según se muestra en la **tabla I**.

De las modalidades de evaluación realizadas consideramos relevante la evaluación criterial de la investigación de la cobertura vegetal del río Cofío y la autoevaluación y coevaluación de la actividad de grupo de cobertura de líquenes.

Tabla 1. Tabla en que se muestran las modalidades de evaluación utilizadas en las dos actividades realizadas.

ACTIVIDAD	MODALIDADES DE EVALUACIÓN				
	MOMENTO	FUNCIÓN	AGENTES EVALUADOR	AGENTES IMPLICADOS	NORMOTIPO
Cobertura vegetal río Cofio	Procesual-final	Formativa-sumativa	Externo Interno	Hetero-Evaluación	Criterial
Cobertura líquenes	Inicial-final	Diagnóstica-Formativa	Interno	Autoevaluación-Coevaluación	Normativa

4.1 Evaluación criterial

La evaluación mediante criterios permite abordar la evaluación de investigaciones diferentes como trabajos de campo, investigaciones que utilizan bases de datos o encuestas, de manera objetiva. La evaluación mediante criterios se ha realizado tanto de forma interna (por el docente) como de forma externa (Organización del Bachillerato Internacional). Para cada uno de los criterios, se indican unos niveles de logro (0 a 6 puntos o de 0 a 3 puntos) que se adjudican según la descripción de los indicadores de desempeño. Para obtener la calificación en puntos de cada criterio de evaluación se elige el indicador de desempeño que más se ajusta a la investigación realizada por el alumno. Al someter la investigación a diferentes criterios de evaluación, aunque la valoración de uno o varios de ellos no sea positiva, se obtendrá un valor numérico comparable a otra que puede haber conseguido valores favorables en todos los criterios y no por ello, necesariamente, una puntuación más elevada.

4.2 Autoevaluación y coevaluación

Esta modalidad de evaluación permite al docente afrontar una de las dificultades que aparecen cuando los alumnos trabajan en grupo, que es valorar la contribución individual al trabajo final presentado.

Hemos utilizado una encuesta individual de autoevaluación y la misma encuesta, aplicada a cada uno de los miembros del grupo. Esta encuesta utiliza un baremo de nueve descriptores literales en lugar de una escala numérica, que hace que el estudiante se sienta más cómodo al responder; lo que favorece la evaluación.

Posteriormente hemos procesado estas encuestas asignando un valor numérico a cada descriptor. Esto permitiría una cuantificación numérica mediante la obtención de una media aritmética de las calificaciones recibidas, aunque en nuestro caso hemos optado por una valoración cualitativa, que nos ha permitido evaluar la contribución de cada alumno al trabajo de grupo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] DARLING-HAMMOND, L. (2008) *Powerful learning*. Jossey-Bass. San Francisco.
- [2] RITCHARD, R., CHURCH, M., MORRISON, K. (2011) *Making thinking visible*. Jossey-Bass. San Francisco.
- [3] PATRICK, P., TUNNICLIFFE, S.D. (2011) What plants and animals do early childhood and primary students' name? Where do they see them? *Journal of Science and Education Technology*, 20: 630-642.
- [4] BARKER, S., SLINGSBY, D.R., TILLING, S. (2002) *Teaching biology outside the classroom: is it heading for extinction? A report on outdoor biology teaching in the 14-19 curriculum*. Field Studies Council. Shrewsbury.
- [5] ELZINGA, C.L., SALZER, D.W., WILLOUGHBY, J.W., GIBBS, J.P. (2001) *Monitoring plant and animal populations: a handbook for field biologists*. Blackwell Science. Massachusetts.

- [6] BONHAM, C.D., MERGEN, D.E., MONTOYA, J. (2004) Plant cover stimation: a contiguous Daubenmire frame. *Rangelands*, 26(1): 17-22.
- [7] JOHANNSON, P., RYDIN, H., THOR, G. (2007) Tree age relationships with epiphytic lichen diversity and lichen life history trails on ash in southern Sweden. *Ecoscience*, 14(1): 81-91.
- [8] BRAUN BLANQUET, J. (1964) *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Edición española de 1979. Blume. Madrid.
- [9] HAYES, G.F., HOLL, K.D. (2003) Cattle grazing impacts on annual forbs and vegetation composition of mesic grasslands in California. *Conservation Biology*, 17(6), 1694-1702.
- [10] JONASSON, S. (1988) Evaluation of the point intercept method for the estimation of plant biomass. *Oikos*, 101-106.
- [11] FLOYD, D.A., ANDERSON, J.E. (1987) A comparison of three methods for estimating plant cover. *The Journal of Ecology*, 221-228.
- [12] CALATAYUD, V., SANZ, M.J. (2000) *Guía de líquenes epífitos*. Ministerio de Medio Ambiente. Parques Nacionales. Madrid.
- [13] AMMANN, K., HERZING, R., LIEBERDORFER, L., URECH, M. (1987) Multivariate correlation of deposition data in small town in Switzerland. *Advances in Aerobiology*, 51:401-406.
- [14] GÓMEZ HERRADOR, S. (2015) *Prácticas combinadas de campo y laboratorio en Secundaria*. Trabajo fin de Master (iné.). Universidad de Valladolid.
- [15] MARTÍN HERRANZ, S. (2016) *Propuesta metodológica para el diseño de itinerarios didácticos de Ciencias de la naturaleza*. Trabajo Fin de Master (iné.). Universidad Autónoma de Madrid.
- [16] CASTILLO, S., CABRERIZO, J. (2010) *Evaluación educativa de aprendizajes y competencias*. Pearson Educación, S.A. Madrid.

ALGUNAS CUESTIONES PRÁCTICAS EN TORNO AL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES: FLOTABILIDAD, ESTABILIDAD Y OTROS EXPERIMENTOS

José Antonio Martínez Pons

Grupo Especializado en Didáctica e Historia de la Física y la Química. RSEF y RSEQ

Dirección de correspondencia: jamartinez46@gmail.com

Palabras clave: principio de Arquímedes; presión hidrostática; flotabilidad; tercera ley de Newton; equilibrio en cuerpos flotantes.

Keywords: Archimedean principle; hydrostatic pressure; buoyancy; Newton's third law; equilibrium in floating bodies.

Resumen

Se presentan experimentos realizados con materiales de bajo coste relacionados con la flotabilidad y equilibrio de los cuerpos flotantes, con especial atención al principio de Arquímedes. Las demostraciones se harán de modo interactivo a base de preguntas previas a cada experimento dirigidas a predecir su resultado y es conveniente que los alumnos “se mojen”. Visto aquel se explicará por qué y las posibles paradojas y se ilustrará con anécdotas, que centren la atención. Los niveles de cuantitatividad y rigor dependerán de los objetivos y del nivel de los oyentes.

Abstract

Some experiments are presented with low-cost materials related to the buoyancy and equilibrium of bodies, with special attention to Archimedes principle. The demonstrations will be carried out interactively based on questions prior to each experiment aimed at predicting its outcome and it is recommended that students “get wet”. Seen that will explain why and the possible paradoxes and will be illustrated with anecdotes, which focus attention. The level of quantitativity, and rigor will depend on the level of the audience.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de la idea general de que se puede hacer física didáctica experimental con objetos próximos y baratos se muestran un conjunto de experimentos de fácil realización, pero con un contenido de cierta profundidad.

La dinámica que se seguirá es directa y práctica. Se mostrarán algunos principios de la física explicados de forma breve y sencilla y, previamente a la realización de la práctica, se interrogará a los oyentes, insistiéndose en que propongan resultados. La realización de la prueba dará la razón a quien la tenga.

Puesto que las prácticas propuestas no revisten ningún peligro ni requieren manipulaciones especiales, se procurará que sean los propios oyentes quienes lleven a cabo las manipulaciones necesarias.

En aras de brevedad y espacio en las descripciones que siguen se supone al lector conocimientos básicos de las leyes de hidrostática, del principio de Arquímedes y de su persona. Puede ampliarse por ejemplo en [1] pero los experimentos son aplicables a cualquier nivel de secundaria, incluso como divulgación. El autor los ha presentado en centros de enseñanza y residencias de mayores, adaptando adecuadamente las explicaciones.

1. FLOTABILIDAD

2.1.- Experimento sobre flotabilidad.[2]

Entre los muchos descubrimientos atribuidos al sabio de Siracusa está el principio o ley que lleva su nombre. La Ley de flotación de Arquímedes dice, clásicamente, que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso del fluido que desaloja. Su expresión matemática es $E = \rho_f \times g \times V$, donde E es el empuje, ρ_f la densidad del fluido, g la aceleración de la gravedad y V el volumen de fluido desalojado. Esta flotabilidad puede ser (Fig. 1):

- Negativa, si el empuje es menor que el peso del cuerpo. Entonces éste se hundirá, pero tendrá un peso aparente $P_a = mg - E$, donde m es la masa del cuerpo y E el empuje.
- Neutra o indiferente, si el empuje con el cuerpo totalmente sumergido es igual al peso del cuerpo. Entonces éste permanece en equilibrio en cualquier ubicación.
- Positiva, si el empuje es mayor que el peso del cuerpo; entonces éste flota, emergiendo hasta que queda sumergida una parte de este cuyo volumen desplaza un volumen de fluido cuyo peso equivale al del cuerpo.

Muchos peces óseos regulan su flotabilidad mediante un órgano llamado vejiga natatoria que les permite aumentar su volumen sin modificar su masa y por tanto disminuir su densidad. Los submarinos utilizan unos depósitos que pueden llenar o vaciar de agua para regular su flotabilidad. El español Narciso Monturiol (1819-1885) fue pionero instalando en sus submarinos, los ictíneos, un dispositivo de este tipo al que llamó precisamente “vejiga natatoria”, en la que se inspiró.[3] Hoy los submarinos y sumergibles siguen utilizando esta técnica.

Para el experimento (Fig.1) se necesitan un vaso, agua, alcohol etílico, aceite de oliva o girasol, una canica de vidrio y otra más o menos del mismo tamaño de corcho y dos cuentagotas. Se preparará en el vaso una mezcla aproximadamente de volúmenes iguales de agua y alcohol que no llene por completo el vaso. Se dejarán caer las canicas de vidrio y la de corcho. Se observará que la de vidrio se hunde y la de corcho flota, este es un buen momento para introducir los conceptos de densidad y peso específico y su diferencia. Se cargará el cuentagotas con aceite y se hundirá su punta hasta más o menos la mitad del nivel del líquido. Con cuidado, pero de modo continuo, se oprimirá la tetilla del cuentagotas de modo que se expulse una gota de aceite de tamaño semejante a las canicas. Puede ocurrir que esta gota se hunda, flote o se quede entre ambas aguas. Si ocurre lo último se ha conseguido lo que se desea y se han representado los tres posibles estados de

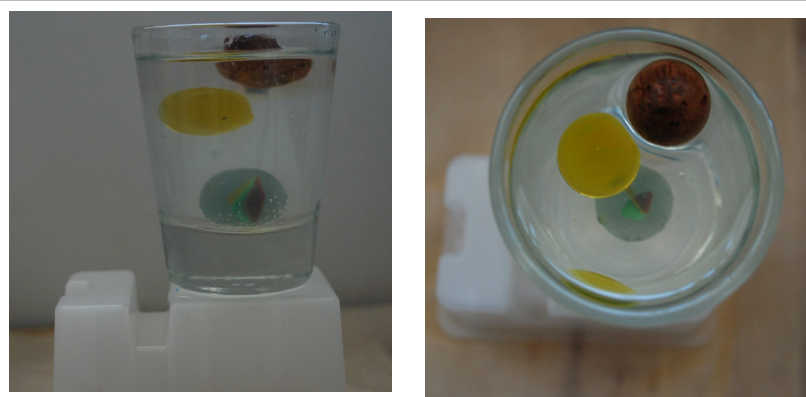


Figura 1. Vistas frontal y superior de tres bolas de corcho, aceite que se mantiene en forma esférica debido a la tensión superficial y vidrio, en una mezcla de agua y alcohol etílico donde se ilustran las tres posibilidades. La forma ovalada que se aprecia en la vista frontal se debe al “efecto lupa” del dioptrio que forma el vaso cilíndrico. Se explica más adelante.

flotación. Si ocurre cualquiera de los otros dos casos se dirá que lo que se busca es conseguir un ejemplo de flotabilidad neutra y para ello se debe modificar la densidad del líquido, aumentarla, añadiendo agua o disminuirla añadiendo alcohol. Se preguntará qué se debe hacer y se sugerirá cargar el cuentagotas limpio con agua o con alcohol, según decidan los espectadores y gota a gota se irá añadiendo al medio hasta conseguir que la gota quede en flotabilidad neutra, si se ha acertado en la elección.

2.1.2.- Un poco de óptica geométrica. (Fig. 2) Suponiendo que la gota se encuentra en el centro del vaso y despreciando el grosor del vidrio, una construcción simplificada de la marcha de los rayos muestra cómo se desplaza el punto A.

En la vista anterior (**Fig. 1**) no hay deformación porque se trataría de un dioptrio plano, sin embargo, la gota de aceite parecería estar a menor profundidad que la real. En la **Fig. 2** se muestra la construcción aproximada de la imagen A' del punto A, lo que justifica la deformación de la forma de la gota. La elección de la posición de la gota en el eje de simetría se ha elegido para una mayor claridad. También la posición de A' estaría un poco adelantada respecto la de A.

2.2.- Experimento recordando al Titanic.

La historia naval está llena de barcos famosos, por una razón u otra, pero sin duda el más nombrado es el trasatlántico Titanic, y este buque nos servirá de conductor:

El barco era un gran trasatlántico británico, segundo en una serie de tres gemelos pertenecientes a la White Star: Olympic^a, Titanic y Britannic. Desplazaba^b unas 52.000 t, medía 269,06 m de eslora (longitud), 29,19 m de manga (anchura máxima) y calaba 10,54 m. Una potencia nominal de 46.000 hp (34.300 kW) le permitía una velocidad máxima de 21 nudos (39 km/h) gracias a dos máquinas de vapor alternativas que accionaban sendas hélices laterales y una turbina que aprovechaba el vapor residual y accionaba la hélice central. 29 calderas, calentadas por 159 hornos alimentados con carbón, suministraban el vapor necesario.

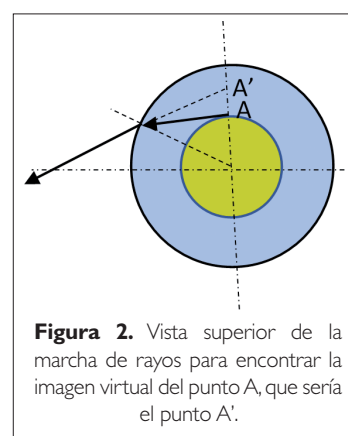


Figura 2. Vista superior de la marcha de rayos para encontrar la imagen virtual del punto A, que sería el punto A'.



Figura 3. Nuestra reproducción del mar de Belfast y resto de instrumental necesario para el experimento.

necesaria para flotar, sin embargo ¿por qué no se inundó Belfast cuando se botó el enorme Titanic? (**Fig. 4**).

2.2.2. Prueba. Fluido desplazado. Marcaremos el nivel actual y anunciaremos que iremos retirando las canicas y dejándolas caer al "mar". ¿Qué ocurrirá ahora a ese nivel: subirá, bajará o permanecerá igual? Dejamos un poco de

Existen modelos comerciales del Titanic a diversas escalas, pero en los experimentos que siguen lo simplificaremos un poco: una caja de plástico que llenaremos parcialmente con agua tintada de azul (**Fig. 3**) será nuestro mar de Belfast. El Titanic será otra caja en cuyo fondo fijaremos seis o siete canicas de vidrio del modo lo más simétrico posible. Marcaremos el nivel del agua.

2.2.1. Prueba. Botadura. Vamos a botar nuestro barco ¿Qué pasará con ese nivel al botarlo, subirá, bajará o no cambiará?

Botamos el barco y el nivel sube, el barco y su carga desplazan el agua



Figura 4. El Titanic ya botado, se aprecia la marca del nivel y como el nivel ha subido respecto a la Fig. 3.

^a En 1921 y en este buque Marie Curie transportó 1 g de radio que le había entregado el presidente de EE. UU. "en nombre de las mujeres de América", guardado en un cofre de caoba blindado [4].

^b En los barcos mercantes es corriente utilizar el "arqueo" con referencia a los espacios disponibles con que cuenta la nave.



Figura 5. Las canicas están en el fondo, el nivel ha bajado, como puede apreciarse.

discusión y lanzamos las canicas. El nivel baja. Cuando las bolas flotaban se desplazaban su peso en agua que era unas 2,5 veces su volumen, al dejarlas caer al agua solo desplazan su propio volumen, en consecuencia, el nivel descenderá. (Fig. 5).

2.2.3.-Prueba. Ahora repetimos el experimento cargando el barco con bolas de corcho. En este caso el nivel no varía ya que en ambos casos las canicas desplazan la parte de su volumen cuyo peso equivale al de las bolas.

2.2.4.-Prueba: el iceberg. En el congelador de casa se deja un envase de yogur o un molde de flan lleno de agua hasta que se congele, será nuestro iceberg; una vez congelado, se desmoldará y se dejará caer en un vaso mayor con agua. Se marcará el nivel del agua del vaso. La pregunta será: Si dejamos que el iceberg se funda (Fig. 6) ¿qué ocurrirá con este nivel? Es curioso que, pese a reproducirse la situación de la prueba 3, muchos oyentes que acertaron entonces, ahora no lo hacen.

Puede indicarse además que en realidad los iceberg están formados por agua dulce y el agua del mar es salada, por tanto, más densa que la dulce, y proponer el experimento depositando el iceberg en una disolución de sal, por ejemplo, conteniendo un 25% (el Atlántico Norte es menos salado que el Mediterráneo o el Caribe ¿por qué?) [1].



Figura 6. Simulación de un iceberg.

2.3.- Experimento: una aparente paradoja.

¿Puede un objeto flotar en un recipiente que contiene menos que su peso de fluido, para fijar ideas, agua? Normalmente los “barcos” lo hacen en cantidades de líquido con un volumen muy superior al de la parte sumergida del objeto y al entrar al “mar” desplazan su propio peso de fluido; sin embargo, en recipientes de un tamaño comparable con el objeto flotante, es posible que el objeto flote en un recipiente que contenga menos peso de líquido que el peso del cuerpo, siempre y cuando el volumen de la parte sumergida tenga un peso en fluido igual al del “barco” aunque no haya desplazado este peso.

Esta explicación en general es difícil de entender cuando se justifica el principio de Arquímedes mediante el “cilindro vertical”. Utilizando la misma técnica se puede demostrar que un objeto puede flotar desplazando menos líquido que su propio peso y que tal fenómeno ocurre precisamente en recipientes de un tamaño comparable con el objeto flotante. Es lo que podría llamarse “efecto esclusa”.

Vamos a explicarlo numéricamente: Supóngase un recipiente cilíndrico que contiene un volumen V de un líquido de densidad ρ y sea $2R_1$ el diámetro interno del recipiente. (Fig. 7).

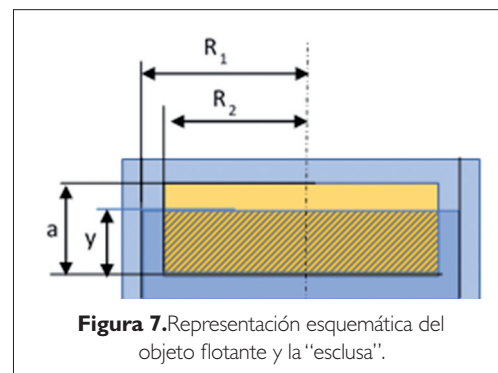


Figura 7. Representación esquemática del objeto flotante y la “esclusa”.

Sea un cilindro de masa m y diámetro externo $2R_2 < 2R_1$. Se coloca con cuidado sobre el líquido. Estos supuestos que simplifican el cálculo no implican pérdida de generalidad. Tampoco es necesario contemplar la presión atmosférica y se va a prescindir de la influencia de tensión superficial y capilaridad.

El peso del objeto será mg . Si se coloca en el agua, flotará siempre que la presión en su base, según la ley fundamental de la hidrostática, $p = \gamma \rho g$, se traduzca una fuerza hacia arriba, el empuje, igual o mayor que el peso del cuerpo; si es mayor el objeto emergerá hasta que el empuje sea igual al peso del cuerpo, en el caso general, es decir, si el contenedor es suficientemente grande, esto ocurrirá cuando el volumen de agua desplazado realmente sea igual al peso del cuerpo, pero si el recipiente es muy pequeño el agua ascenderá por los lados del objeto hasta una altura y medida a partir de su base, es decir, la fuerza ejercida sobre la base será:

$$S\gamma\rho g = mg \quad (1)$$

siendo S el área de la base del objeto. Despejando y recordando que $S = \pi R_2^2$ $y = \frac{m}{S\rho} = \frac{m}{\pi R_2^2 \rho} = \frac{4m}{\pi D_2^2 \rho}$ (2)

Obviamente $y \leq a$, si no ocurre así y hay suficiente fluido el cuerpo estará enteramente sumergido y en el fondo desplazando su volumen y si no hay suficiente agua quedará apoyado en el fondo, parcialmente cubierto por el agua. Se trata de una consecuencia del principio de Pascal, como ocurre por ejemplo en la “paradoja hidrostática” o en el “revienta toneles” de los antiguos libros de física[5]. El volumen que rodea al objeto es

$$V = y \times \pi \times (R_1^2 - R_2^2) = \frac{m}{\rho \pi R_2^2} \times \pi \times (R_1^2 - R_2^2) \quad (3)$$

Mientras que este volumen sea menor que el volumen contenido inicialmente en el recipiente, “flotará”, pero el peso de fluido realmente desplazado puede ser menor que el peso del objeto.

Suponer los objetos cilíndricos y concéntricos no es necesario y es suficiente considerar que en cuerpos prismáticos el volumen es igual a superficie de la base por la altura, así sean las áreas básicas del objeto S_1 y del recipiente S_2 (3) quedaría $V = y \times (S_1 - S_2)$

Si este volumen es menor que el volumen inicial del agua y se cumple la condición $y \leq a$ el cuerpo flotará independientemente de que el volumen que rodea el objeto sea menor o mayor que el volumen de la parte sumergida (en términos navales “obra viva”).

Ejemplo numérico: Por comodidad se utiliza el sistema cegesimal. Si $R_1=6$ cm; $R_2=5$ cm, la masa del objeto es 200 g, su espesor es de 3 cm y el recipiente contiene inicialmente 150 g de agua.

Entonces $y = \frac{m}{S\rho} = \frac{m}{\pi R_2^2 \rho} = \frac{4m}{\pi D_2^2 \rho} = \frac{4 \times 200}{\pi \times 100 \times 1} = 2,55 \text{ cm} < 3 \text{ cm}$ entonces según (3) el volumen de agua que rodea el “barco” es $V = 2,55 \times \pi \times 36 - 25 = 88,12 \text{ cm}^3 \approx 88,12 \text{ g} < 150 \text{ g}$

A continuación, se expone un experimento tomado al azar entre los varios realizados por el autor. Al no disponer de objetos perfectamente cilíndricos y de un tamaño adecuado se ha recurrido a dos recipientes troncocónicos y se ha aproximado tomando como radios las medias geométricas del mayor y menor en cada caso según el esquema de la **Fig. 8**. La plastilina del barco se ha utilizado para equilibrarlo. Un cálculo riguroso es posible pero geoméricamente es demasiado laborioso para el nivel propuesto. También se debería medir, por ejemplo con un picnómetro, la densidad del agua en las condiciones de trabajo que no parece aportar mucho, dado el nivel al que se trabaja. Midiendo con un calibre se obtienen los valores medios $R_1 = 3,74$ cm, $R_2 = 3,12$ cm.

Aplicando (3) el “calado” del barco es 2,61 cm. Midiendo sobre el resultado experimental $y = 2,59$ cm. A efectos de comprobación y utilizando los resultados medidos se obtienen que el agua que rodea el “barco” es $V_1 = 2,59 \times \pi \times 3,74^2 - 3,12^2 = 34,61 \text{ cm}^3$ mientras que “bajo el barco” que flota a 0,85 cm del fondo y tomando un radio medio para esta zona de 3,08 cm hay $V_1 = 0,85 \times \pi \times 3,08^2 = 25,33 \text{ cm}^3$. Lo que da una masa total, considerando la densidad del agua 1 g cm^{-3} de 59,94 g consistente con el dato inicial.

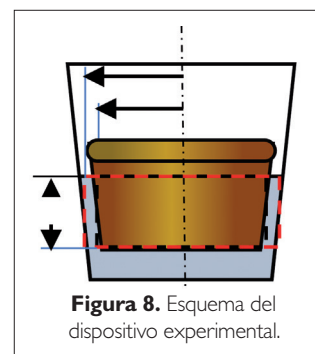


Figura 8. Esquema del dispositivo experimental.

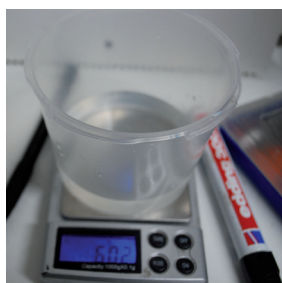


Figura 9A. Peso del contenedor y del agua.

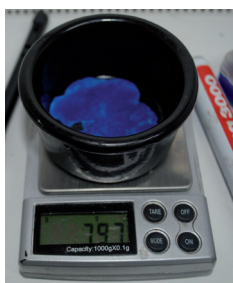


Figura 9B. Peso del “barco” un poco lastrado.

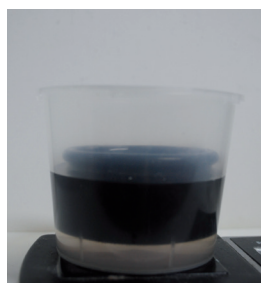


Figura 9C. Se aprecia claramente que flota.

La aplicación práctica de este fenómeno por ejemplo puede encontrarse en las esclusas de los canales o en los diques secos de los astilleros.

2.4.- Experimento. Arquímedes se encuentra con Newton, o viceversa.

No parece que Arquímedes formalizara una expresión matemática de su ley, esto no fue hasta precisamente la época de Newton, posiblemente por el propio Newton, lo que no quiere decir que hasta entonces no se construyeran barcos, se construyeron mucho antes de que existiera Arquímedes y se siguieron construyendo después aunque hasta hace poco en la construcción naval había un alto componente de prueba y error; lo que no impidió la construcción de barcos como el Santísima Trinidad, que desplazaba unas 3.000 t y llegó a montar hasta 140 cañones. Lo diseñó Mateo Mullan. Se botó el 2 de marzo de 1779 en La Habana, y se perdió en Trafalgar.[6]

En este experimento pondremos en relación el principio de Arquímedes con la tercera ley de Newton, ley de acción y reacción. Necesitamos un cuerpo pesado y denso (que no es lo mismo), por ejemplo, una tuerca grande, un vaso alto en el que quepa con holgura la tuerca, un cordel y la balanza (Fig. 10).

Tomamos la tuerca sujeta con el cordelito. Preguntaremos qué registrará la balanza si depositamos ambas sobre el platillo.

Hecha la prueba preguntaremos qué ocurrirá si dejamos caer el objeto en el agua y pesamos el conjunto. Lo comprobaremos.

Ahora propondremos repetir la pesada con la tuerca sujeta por el cordel de modo y manera que la tuerca quede sumergida, pero sin tocar el fondo ni las paredes del recipiente. ¿Qué registrará ahora la báscula? ¿Por qué? ¿Existe una diferencia entre las medidas con la tuerca apoyada en el fondo o sujeta por el cordel? ¿Qué representa esta diferencia?

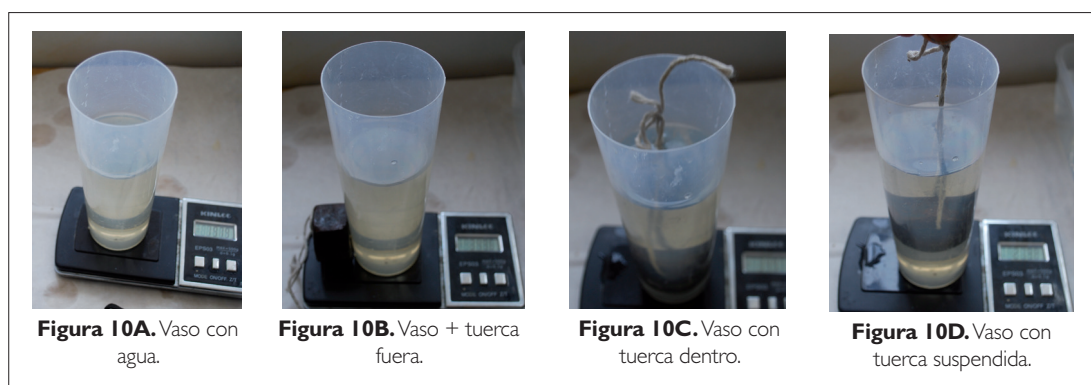


Tabla I. Comprobación numérica del experimento.

Objetos	Tuerca	Figura 10A	Figura 10B y C	Figura 10D	Empuje (N)	V desplazado cm ³
Masa (g)	152,4	209,8	363,1	229,8		20
Peso (N)	1,494	2,056	3,559	2,252	0,196	0,196

Se comprueba también el principio de acción y reacción porque la báscula registra el peso del agua más la reacción al empuje sobre el objeto, como se puede comprobar en el resumen de la tabla I. [6] Dentro de esta línea se puede o bien hacer aparte o bien suspendiendo el objeto a través de un dinamómetro de resorte. El dinamómetro marcará el peso aparente del objeto y el empuje por tanto será la diferencia entre el peso real (en rigor en el aire) y la fuerza medida, pero el empuje del aire, que existe, se puede despreciar.

La comprobación más clara se puede hacer utilizando un objeto de forma geométrica definida, por ejemplo, una esfera o un prisma.

Se pesará el objeto en el aire y se calculará su volumen. Se medirá como en el ejercicio anterior el empuje, ya sea midiendo la reacción con la báscula ya el peso aparente suspendiendo el objeto sobre el líquido y se comprobará entonces que el empuje corresponde al peso del agua desplazada. Procediendo de modo inverso la técnica es válida para medir el volumen de un objeto irregular:

2.4.1. Preguntas complementarias. La presión hidrostática es una magnitud escalar y no tiene sentido hablar de presión hacia arriba o hacia abajo, aunque a veces se nos escape, lo que sí debe recordarse es que la fuerza debida a la presión hidrostática es siempre normal a la superficie sobre la que se aplica. Por ejemplo, se puede proponer la cuestión: Si un submarino se sumerge a mucha mayor profundidad de los límites de seguridad de su casco, ¿se convertirá en un “bacalao” o en un “churro”? La respuesta correcta es que prácticamente en una especie de “churro”, salvo que el submarino no se inunde porque las fuerzas de presión son siempre normales al casco. (Fig. 11)

¿Por qué los pecios de los barcos hundidos no aparecen aplastados contra el fondo? Porque al hundirse los barcos se llenan de agua y prácticamente la presión diferencial entre los dos lados de la chapa es la misma.

Si un automóvil cae al mar ¿qué hay que hacer para poder escapar? La presión hidrostática del agua significa una fuerza muy grande, por ejemplo, una puerta de $1,2 \text{ m}^2$ de un coche sumergido en el mar de densidad 1.026 kg m^{-3} a una profundidad media de 5 m sufrirá una fuerza $F \sim 1.026 \times 5 \times 9,8 \times 1,2 = 60329 \text{ N}$. Lo que hay que hacer es dejar que el coche se inunde hasta que las presiones a ambos lados se igualen, entonces la puerta se abrirá sin dificultades.

¿Por qué es muy difícil abrir la escotilla de un submarino a una profundidad moderada y si embargo en esta misma profundidad es fácil levantar una piedra grande, aunque esté en apariencia perfectamente apoyada en el suelo? Es difícil porque la presión hidrostática externa (aproximadamente 1 atm cada 10 m) es mucho mayor que la interna, 1 atm, sin embargo, por debajo de la piedra se ha comprobado que hay micro canales que hacen que la piedra esté “totalmente mojada” por el fluido. Incluso sobre un fondo de cemento el ajuste entre la piedra y el fondo nunca es perfecto.

2.5. Experimento. Centro de empuje.

Para que un cuerpo flote es necesario que desplace un volumen de agua menor que el suyo propio, pero esto no es suficiente para una correcta navegación, sino que el navío debe ocupar una posición de equilibrio determinada y si por lo que sea se aparta de esta posición, debe recuperarse espontáneamente, es decir su equilibrio debe ser estable.

Dos son las oscilaciones principales del navío, balanceo y cabeceo. En el primer caso el barco oscila en torno a un eje que va de popa a proa del barco mientras que en cabeceo lo hace en torno a uno perpendicular al plano de simetría del barco.

Vamos a construir las maquetas de un submarino. (Fig. 12 y 13) Necesitamos un tubo de plástico que taparemos con un tapón hermético y al que acoplaremos una torrecilla (vela la llaman los marinos) tallada en un pedacito de madera o plástico y que pegaremos al casco con cianoacrilato. ¿Qué le ocurrirá al tubo sin torreta si lo hacemos girar levemente sobre su eje longitudinal?

¿Qué le ocurrirá al que tiene “vela”?

Construyamos otro que lastraremos con un poco de plastilina colocada como indica la gráfica. Entonces podemos observar que el barco se mantiene estable. Realmente, en un barco

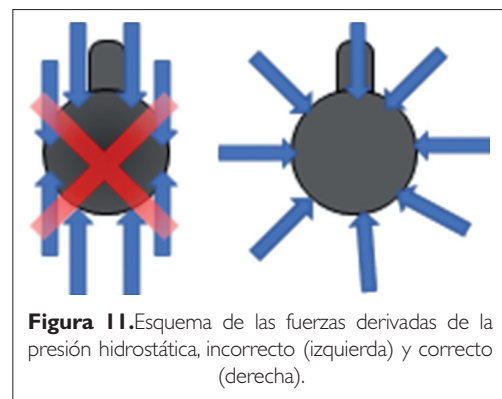


Figura 11. Esquema de las fuerzas derivadas de la presión hidrostática, incorrecto (izquierda) y correcto (derecha).



Figura 12. Modelo simplificado de submarino. Faltan los timones de dirección y profundidad.

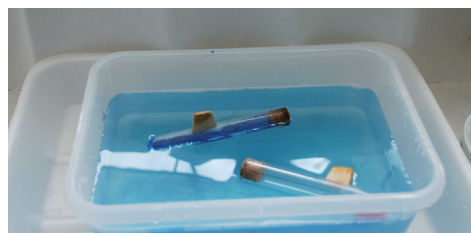


Figura 13. Comportamiento de ambos modelos en el agua. Ambos “flotan” pero se aprecia el papel del lastre en el adrizado.

en flotación actúan siempre dos fuerzas, su propio peso y el empuje. Para que barco flote deben ser iguales pero sus puntos de aplicación son diferentes, el peso se aplica en el centro de gravedad de la nave que en principio no varía y el empuje, que se aplica en el centro de gravedad de la parte sumergida que cambia de posición al balancearse el barco.

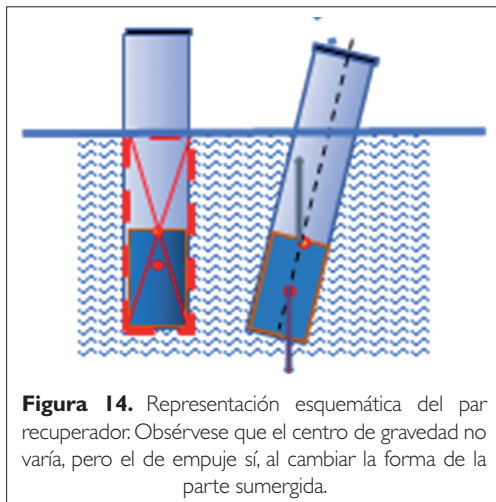


Figura 14. Representación esquemática del par recuperador: Obsérvese que el centro de gravedad no varía, pero el de empuje sí, al cambiar la forma de la parte sumergida.

2.6.- Experimento 6. Par recuperador o metacéntrico.

Tomemos un tubo de plástico y lastrémoslo (**Fig. 14**) El peso y el empuje son fuerzas iguales, pero de sentidos opuestos. Si ambas se aplican sobre la misma vertical se compensan; si por la causa que fuera la posición del barco se aparta de esta posición se genera un par de fuerzas. Lo ideal es que este par tienda a recuperar el equilibrio como en el gráfico. A este par se le llama “recuperador o metacéntrico”.

Para garantizar la estabilidad del barco es conveniente que el centro de gravedad del barco esté lo más bajo posible. Sin embargo, esto no siempre es posible. Siempre que la vertical que pasa por el centro de empuje corte al eje de simetría del barco por encima de su centro de gravedad el par tenderá a estabilizar la nave.

Unos barcos muy estables son los catamaranes, de los que el cónsul Marce-

lo parece que disponía, Son dos cascos unidos, por ejemplo, mediante una plataforma. En los de guerra esta plataforma se aprovechaba, para instalar tropa y armamento. Hoy se siguen construyendo catamaranes deportivos y de transporte rápido. Si el barco se balancea, uno de los cascos se hunde un poco mientras que el otro sale un poco del agua; en consecuencia el primero sufre un empuje algo mayor y el otro menor que con el barco nivelado y se genera un par adrizante. (**Fig. 15**)

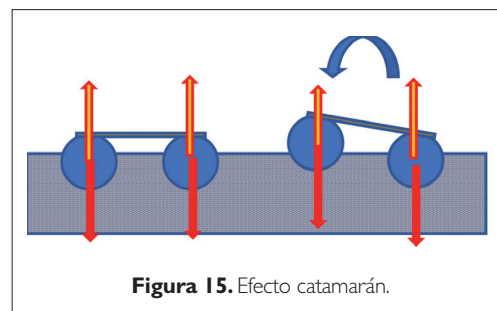


Figura 15. Efecto catamarán.

2.7.- Experimento. El aire pesa. ¿Se podría comprobar con precisión pesando un globo vacío, hinchándolo con aire y pesando de nuevo y la diferencia entre ambas pesadas sería el peso del aire contenido? La respuesta es que en rigor no, porque el empuje del aire exterior es comparable al peso del aire contenido en el globo.

Se deja al lector verificar que suponiendo que las temperaturas interior y exterior son las mismas

$$m_{\text{hinchado}} - m_{\text{globo}} = \frac{V}{RT} (pM - p_0M_0)$$

V es el volumen del globo hinchado, M y M_0 las respectivas masas moleculares medias, y p y p_0 las respectivas presiones. interior y exterior.

3.-ANEXO: Magnitudes y unidades utilizadas comúnmente en náutica.

En náutica, como en todas las actividades específicas, existe un vocabulario normal para profesionales y aficionados pero extraño para el resto. En este apartado se aclaran algunas de estas palabras.

Desplazamiento: Es una medida del peso de fluido que la nave desplaza en flotación. Se suele medir en toneladas métricas y su valor depende de las circunstancias en que se efectúa la medida. Obviamente equivale al peso de la nave y no depende de la densidad del fluido, aunque sí lo hace el volumen: **D. en rosca.** Es el peso del navío cuando sale del astillero en perfectas condiciones de navegación, pero absolutamente vacío. **D. estándar:** equivale al peso del barco incluyendo tripulación, combustible, líquidos en circulación, munición en los barcos militares; únicamente se excluyen combustible y agua de reserva para las calderas, **D. máximo.** El máximo carga y barco que se puede soportar sin poner en peligro la seguridad de la nave. Se mide en toneladas métricas, aunque a veces se utilizan toneladas inglesas. En marina mercante también

se utiliza el **arqueo** que da una idea de los espacios disponibles en la nave. Sus unidades han pasado por diferentes vicisitudes, pero en virtud del convenio OMI de 1969, entrado en vigor el 18 de julio de 1982, se utiliza el metro cúbico que no se expresa explícitamente. Así se dice “arqueo bruto de 5.000”. Para barcos contruidos antes de 1982 se utiliza la “tonelada Moorson” que equivale a $2,83 \text{ m}^3$

Dimensiones: **Eslora:** Indica la longitud. Debe especificarse entre qué puntos de la nave se efectúa **Manga:** es la anchura, en general máxima, del barco. **Calado:** Altura de la parte sumergida. Puede ser “máximo”, “medio”, o “en el medio” Se suelen dar en metros, pero también es común utilizar unidades inglesas, generalmente pies ($1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$).

Velocidad: se expresa, por tradición, en “nudos”. Un nudo equivale a una milla marina por hora, esta a su vez es la longitud del arco de un minuto de meridiano. $1 \text{ nudo} = 1 \text{ milla náutica h}^{-1} = 1,852 \text{ km h}^{-1} = 0,514 \text{ m s}^{-1}$ El nudo también se usa habitualmente en aeronáutica. A veces se comete el error de utilizar el término “nudos por hora” que representaría una aceleración.

Potencia de las máquinas: se suele expresar en caballos de vapor; $1 \text{ hp} = 0,7457 \text{ kW}$.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] FERNÁNDEZ AGUILAR, E.M. (2012) *Arquímedes: ¡Eureka! El placer de la invención*. R.B.A. (Librito de muy fácil lectura sobre vida e inventos del siracusano).
- [2] MARTINEZ PONS, J.A. (2012) *La corona de Gerión y el eureka de Arquímedes* An. Quím. 108(2), 1–7
- [3] RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, A.R. (2015) *Pioneros españoles del Submarino*. Valladolid, Galland Books Editorial. p. 57.
- [4] Sección “Hace 50, 100, 150 años”. *Investigación y Ciencia*. nº 538. Junio 2021. p. 96.
- [5] FELIÚ Y PÉREZ, B. (1879) *Manual de Física General y Rudimentos de Química*. Madrid, Imprenta de Viuda e Hijo de D. Eusebio Aguado, p. 139.
- [6] GONZÁLEZ, M. (2004) *Navío Santísima Trinidad, un coloso de su tiempo*. Valladolid, Ed. Alcañiz Fresno.

ENSEÑAR HISTORIA DE LA QUÍMICA, APRENDER QUÍMICA CON SU HISTORIA. EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS PARA INCORPORAR UNA DIMENSIÓN HISTÓRICA A LA EDUCACIÓN STEM

Luis Moreno Martínez

Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química, Av. Complutense s/n, 28040, Madrid.

Dirección de correspondencia: luisccq@hotmail.com

Palabras clave: historia de la ciencia; enseñanza de la química; naturaleza de la ciencia; educación secundaria obligatoria; bachillerato.

Keywords: history of science; chemistry teaching; nature of science; secondary education, higher secondary education.

Resumen

El presente trabajo presenta cinco experiencias didácticas sobre historia de la ciencia principalmente orientadas a la enseñanza-aprendizaje de las materias de Física y Química de Educación Secundaria Obligatoria y de primer curso de Bachillerato. En paralelo a la presentación de las mismas, se analizan las potencialidades de la historia de la ciencia para la educación STEM, con especial atención a su papel para un aprendizaje significativo, interdisciplinar, contextualizado, creativo, crítico y cívico de la química.

Abstract

This work presents five educational experiences based on the history of science for Physics and Chemistry teaching in Secondary Education. This paper also offers an analysis on the history of science as a didactic tool for STEM education, with a special focus on its role for a significative, interdisciplinary, contextualized, creative, critical and civic learning of chemistry.

INTRODUCCIÓN

Historia y didáctica de las ciencias han estado profundamente vinculadas a lo largo de la historia. A principios del siglo XX, la historia de la ciencia constituyó uno de los elementos impulsores de la renovación pedagógica de la enseñanza de las ciencias [1]. En las décadas centrales del pasado siglo, varias voces reivindicaron la utilidad de la historia de la ciencia como elemento para integrar ciencias y humanidades [2]. A finales de siglo, la mirada histórica a cuestiones científicas fue señalada como una estrategia fundamental para contextualizar los saberes y los métodos de la ciencia haciéndolos así más próximos a los estudiantes, esto es, humanizándolos

[3]. Desde entonces, múltiples estudios académicos han subrayado el alto valor de la historia de la ciencia para la educación en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (educación *STEM* por sus siglas en inglés), como da cuenta el trabajo internacional editado por Michael Matthews en 2014 [4]. Así, la historia de la ciencia permite al docente *STEM*:

- Seleccionar los saberes estructurantes de las ciencias escolares y profundizar en cuestiones epistemológicas y terminológicas sobre la ciencia [5].
- Diseñar y secuenciar unidades didácticas en base al desarrollo de los modelos y las teorías científicas con una mirada interdisciplinar [6].
- Identificar ideas previas del alumnado sobre cuestiones científicas [7].
- Promover una imagen de la ciencia como una actividad humana que produce un conocimiento hipotético, falible, tentativo, en constante construcción e inscrito en un determinado contexto social [8].
- Proporcionar casos de interés para reflexionar sobre los mecanismos de producción del conocimiento científico, su dimensión ética y la responsabilidad cívica del científico/a mediante el análisis de controversias sociocientíficas desde un enfoque CTS (Ciencia, Tecnología, Sociedad) [9].

A los aspectos anteriores, ampliamente consolidados en la investigación educativa, cabe añadir las perspectivas analíticas y resultados de investigación proporcionados por los estudios históricos sobre ciencia en las aulas. Desde este marco, en las últimas décadas se han llevado a cabo interesantes líneas de actuación a fin de recuperar los proyectos pedagógicos del profesorado de ciencias del pasado, personajes todavía poco presentes en las narrativas históricas sobre ciencia y técnica. En esta línea, se ha señalado que la historia de la enseñanza de las ciencias permite al docente *STEM*:

- Pensar críticamente cuestiones actuales en la didáctica de las ciencias, como la selección de contenidos, las prácticas pedagógicas o los espacios docentes [10].
- Recuperar prácticas experimentales de interés para el diseño de estrategias de enseñanza-aprendizaje manipulativas y de indagación [11].

El presente trabajo se nutre de estos marcos analíticos para presentar cinco experiencias didácticas sobre historia de la ciencia especialmente diseñadas para la enseñanza-aprendizaje de la química en el marco de las materias de Física y Química de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato. No obstante, dada la naturaleza interdisciplinar de la historia de la ciencia, muchas de ellas también serán de interés para el caso de la física o de la biología. Las cinco experiencias didácticas se agrupan en dos grupos. En el primer grupo se recogen dos experiencias basadas en la recreación de prácticas científicas históricas. En el segundo grupo se incluyen tres experiencias centradas en el análisis de diferentes controversias sociocientíficas a fin de promover un enfoque CTS en educación *STEM*. Se pretende así contribuir a una enseñanza de las ciencias en ESO y Bachillerato que cree cultura científica ciudadana explorando la dimensión histórica de la ciencia.

HISTORIA DE LA CIENCIA PARA DISEÑAR EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS EXPERIMENTALES

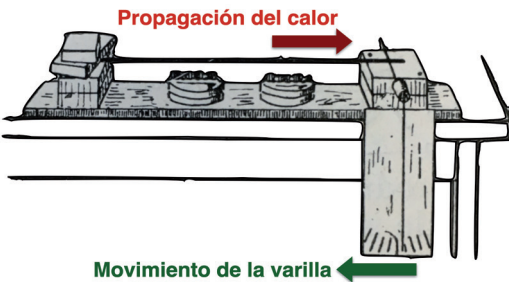
La historia de la ciencia está repleta de prácticas y artefactos, muchos de los cuales pasaron a ser incorporados a las narrativas e imágenes de nuestros libros de texto del presente. Un ejemplo es el caso de la máquina de Atwood que protagonizó los gabinetes de física del siglo XIX y que en el presente constituye un típico problema de «lápiz y papel» para el estudio de los fundamentos de la dinámica. Entre la tradición decimonónica y las aulas actuales se vivió un proceso de renovación pedagógica durante las primeras décadas del siglo XX. Precisamente, dicha renovación se materializó en el diseño de artefactos para la enseñanza de la física herederos del gabinete del siglo XIX pero contruidos por los estudiantes con objetos cotidianos, herramientas sencillas y materiales baratos [12]. Muchos artefactos también fueron usados para el estudio de fenómenos de la naturaleza relacionados con las plantas, las rocas o los minerales. Diversos docentes y autores de manuales de la época promovieron esta forma de enseñar ciencias. Entre ellos se encontraba el profesor Modesto Bargalló Ardévol (1894-1981), cuya obra ha sido recuperada por investigaciones históricas recientes [13]. El presente trabajo recoge dos experiencias didácticas que adaptan, respectivamente, dos prácticas experimen-

tales realizadas por el profesor Bargalló en las décadas de 1920 y 1930 y divulgadas por él mismo en dos de sus obras: *La vida de las plantas* (1920) [14] y *El gabinete de física* (1924) [15]. Toda la información sobre las dos experiencias didácticas aparece recogida en la Tabla 1 y la Tabla 2, respectivamente.

Varios autores han estudiado la recreación de experiencias de la historia de la ciencia con fines didácticos y a fin de investigar la reproducibilidad de célebres experimentos, como Peter Heering [16]. Las recreaciones de las experiencias de Bargalló no han perseguido recrear con exactitud prácticas científicas pretéritas sino encontrar en estas una inspiración para un aprendizaje semi-indagativo, manipulativo y experimental. Así, como corresponde al aprendizaje por indagación [17], cada experiencia didáctica ha partido de su respectiva pregunta no investigable. Cada una de ellas se vinculó a una pregunta investigable relacionada con el montaje experimental descrito en las fuentes históricas. Tomando como modelo la descripción de ambas prácticas proporcionadas por el profesor Bargalló en sus obras, el alumnado trabajó por equipos a fin de reconstruir dichas prácticas con objetos y materiales cotidianos contemporáneos, haciendo uso de su inventiva y creatividad en el proceso de construcción y de sus conocimientos científicos a fin de elucidar el fundamento teórico de cada experiencia.

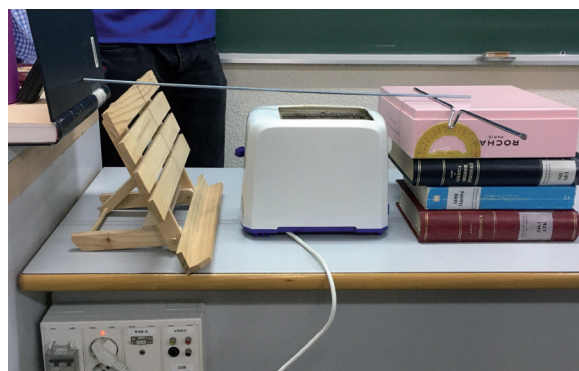
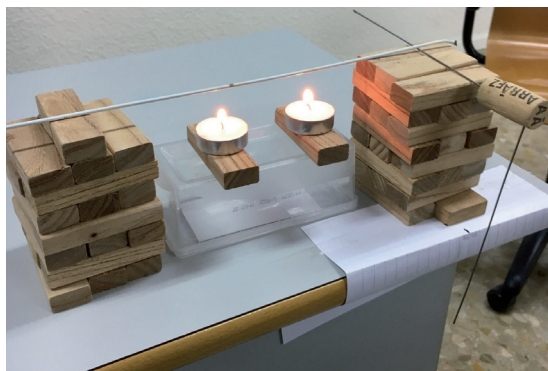
La primera de las experiencias didácticas partió de una experiencia descrita por Bargalló en *El gabinete de física* (1924). Se trata de un montaje heredero del pirómetro de cuadrante que se había venido usando en los gabinetes de física del siglo XIX para estudiar la dilatación de los metales por efecto del calor [18]. Realizada la experiencia, el alumnado tuvo que explicar el porqué del movimiento de la varilla, lo que permitió identificar varias ideas previas erróneas, como se recoge en la **Tabla 1**. Se trata de una experiencia realizada con estudiantes de la materia Historia de la Química del Grado en Química, muchos de los cuales cursan posteriormente el Máster en Formación de Profesorado de ESO y Bachillerato de la Universitat de València (2019-2020). La segunda de las experiencias didácticas parte de una propuesta del profesor Bargalló en *La vida de las plantas* (1920) para estudiar el intercambio gaseoso en semillas y plantas debido a la respiración celular; tal y como se detalla en la **Tabla 2**. La experiencia fue realizada con estudiantes de 1º Bachillerato y resultó de gran interés para relacionar aprendizajes de Física y Química y de Biología y Geología, como el comportamiento químico del dióxido de carbono y el proceso de respiración celular.

Tabla 1. Experiencia didáctica 1: ¿Cómo afecta el calor a los metales?

Etapas, curso y materia
ESO (3º-4º) y Bachillerato (1º). Física y Química.
Aprendizajes relacionados
Propiedades de los metales, modelo del enlace metálico, conductividad térmica.
Pregunta no investigable de partida
¿Cómo afecta el calor a los metales?
Pregunta investigable de partida
¿Por qué se mueve la varilla?
Experiencia histórica original
 <p>Experiencia didáctica descrita por el profesor Modesto Bargalló en su obra <i>El gabinete de física</i> (1924), obra que en 1938 contaba con 4 ediciones. Se pretende que el alumnado relacione la propagación del calor en la varilla metálica horizontal sobre los mecheros del alcohol con su dilatación, cuyo efecto mecánico es el desplazamiento de la varilla vertical hacia la izquierda.</p>

Continúa Tabla 1 en página siguiente

Experiencias didácticas inspiradas en la experiencia histórica original



Cada experiencia ha usado diferentes focos de calor (velas, tostadora) y sistemas graduados (papel, transportador de ángulos) para detectar el movimiento de la varilla.

Ideas previas del alumnado que son cuestionadas en la actividad

La conductividad térmica de los metales se debe únicamente a las vibraciones de los átomos que forman el material (sin implicación de los electrones libres de la red).

La conducción del calor en el metal no tiene efectos mecánicos.

Información adicional

Para consultar en detalle los materiales usados en la experiencia y para ampliar la información sobre esta experiencia didáctica puede visitarse la siguiente URL o escanearse el código QR adjunto. <https://go.uv.es/QC2FMxi>



Tabla 2. Experiencia didáctica 2: ¿Las semillas respiran?

Etapa, curso y materia

ESO (4º) y Bachillerato (1º). Física y Química, Biología y Geología.

Aprendizajes relacionados

Reacciones químicas, gases, ácidos en disolución acuosa, metabolismo vegetal.

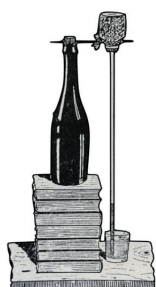
Pregunta no investigable de partida

¿Las semillas respiran?

Pregunta investigable de partida

¿Los garbanzos producen dióxido de carbono?

Experiencia histórica original



Experiencias didácticas descritas por el profesor Modesto Bargalló en su obra *La vida de las plantas* (1920). Se proponía encerrar semillas (izquierda) o plantas (derecha) en recipientes cerrados donde se disponía de disoluciones acuosas de hidróxido de sodio (NaOH) a fin de que el dióxido de carbono (CO_2) producido por la respiración vegetal formase carbonato de sodio (Na_2CO_3), enturbiando la mezcla original. Se ha realizado la experiencia con semillas (garbanzos).

Continúa Tabla 2 en página siguiente

Experiencias didácticas inspiradas en la experiencia histórica original



En un recipiente cerrado de tapa transparente se introdujo un puñado de garbanzos y una placa con disolución acuosa de hidróxido de sodio 0,1 M (imagen izquierda). Transcurrida una semana, el alumnado observó que la mezcla pasó de ser transparente (imagen central) a estar enturbada (imagen derecha).

Ideas previas del alumnado que son cuestionadas en la actividad

Las semillas no respiran.

Las plantas solo respiran de noche pues por el día realizan la fotosíntesis.

El dióxido de carbono no tiene consecuencias sobre la acidez de una disolución acuosa.

Acceso a materiales e información adicional

Para consultar en detalle los materiales usados en la experiencia y para ampliar la información sobre esta experiencia didáctica puede visitarse la siguiente URL o escanearse el código QR adjunto. <https://go.uv.es/aZEq46l>



HISTORIA DE LA CIENCIA PARA DISEÑAR EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS DE ENFOQUE CTS

El uso de controversias sociocientíficas de la historia de la ciencia con fines didácticos cuenta con un amplio respaldo por parte de la literatura académica, como han apuntado los trabajos de diversos autores como Acevedo Díaz y García Carmona [19]. En este marco se ha señalado la importancia de visibilizar cuestiones erróneas o problemáticas en la historia de la ciencia para fomentar en el alumnado una visión de la naturaleza de la ciencia como una actividad humana sujeta a cambios, en la que los modelos y las teorías no se suceden linealmente, sino que conviven y rivalizan entre sí, y en la que las cuestiones sociales, económicas y científicas presentan fronteras francamente porosas [20]. Atendiendo a esta mirada analítica propia de los enfoques CTS, se han diseñado tres actividades didácticas en torno a tres controversias sociocientíficas de las que se disponen fuentes textuales/audiovisuales recientes.



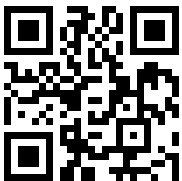
La primera actividad didáctica de este tipo se llevó a cabo con estudiantes de Física y Química de 2º ESO, aunque también puede ser de interés para estudiantes de 3º ESO. Se basa en la lectura de un texto de marcado carácter divulgativo [21] basado en investigaciones históricas recientes sobre el denominado caso Lafarge, un caso de envenenamiento por arsénico en la Francia del siglo XIX que implicó a un químico español, el toxicólogo Mateu Orfila (1787-1853), y que todavía hoy sigue siendo objeto de debate [22]. A través de diversas cuestiones (véase enlaces incluidos en la **Tabla 3**) el alumnado pudo aplicar aprendizajes sobre los sistemas materiales y los cambios físicos y químicos; además de reflexionar sobre las sinergias y tensiones entre ciencia y ley.

La segunda actividad didáctica se centró en el visionado en clase de *Aguas oscuras* (*Dark Waters*), una película de 2019 que aborda el litigio de un abogado contra una destacada empresa química a raíz de una serie de enfermedades y cambios en el ecosistema de una población del Este de los Estados Unidos asociados con los vertidos realizados por la compañía. Las cuestiones planteadas (a las que se puede acceder en los enlaces habilitados en la **Tabla 3**) permitieron al alumnado de 4º ESO y 1º Bachillerato aplicar aprendizajes sobre medio ambiente de interés para las materias de Física y Química (como las aplicaciones de los compuestos del carbono) y de Biología y Geología (como los efectos en el organismo y en los ecosistemas de ciertas sustancias químicas bioacumulables).

La tercera actividad didáctica abordó un caso de interés periodístico reciente en el ámbito de la política ambiental. Se trata de la presencia de amianto en algunas infraestructuras de Metro de Madrid. Partiendo del visionado de un documental que recopila diferentes voces (desde la administración, la medicina, la seguridad laboral o los trabajadores de Metro) [23] y de un vídeo explicativo sobre la historia del amianto producido por el Instituto Interuniversitario López Piñero de Estudios Históricos y Sociales sobre Ciencia, Medicina y Medio Ambiente [24] se planteó a alumnado de 4º ESO y 1º Bachillerato una serie de cuestiones (disponibles en los enlaces incluidos en la Tabla 3) sobre el amianto, sus propiedades y sus usos, además de propiciar una reflexión sobre los riesgos de dicho material a través de la observación de diferentes imágenes históricas (también incluidas en los materiales accesibles en los enlaces de la **Tabla 3**).

Mientras que la primera actividad se enfoca en los primeros cursos de Física y Química (2º-3º ESO), las dos siguientes son especialmente adecuadas para cursos subsiguientes a fin de que el alumnado domine los contenidos científicos básicos y se pueda prestar una mayor atención a la reflexión en torno a las implicaciones éticas y medioambientales de la química.

Tabla 3. Experiencias didácticas 3, 4 y 5: Enfoques CTS para la educación STEM.

Experiencia didáctica	Experiencia 3 <i>El misterioso caso Lafarge</i>	Experiencia 4 <i>Aguas oscuras, ciencia a las claras</i>	Experiencia 5 <i>Próxima estación: amianto</i>
Etapas, curso y materia	ESO (2º-3º) Física y Química	ESO (4º) y Bachillerato (1º) Física y Química, Biología y Geología	
Contexto	Siglo XIX	Siglo XX y XXI	Siglo XX y XXI
Fuente	Textual	Audiovisual	Audiovisual
Aprendizajes sobre ciencia	Sistemas materiales (diferencias entre elementos, compuestos y mezclas) Cambios físicos y cambios químicos	Bioacumulación Relación entre estructura y propiedades de las sustancias químicas Estructura, formulación y nomenclatura de compuestos del carbono	Propiedades de los materiales fibrosos Riesgos para la salud de algunas sustancias químicas Bioacumulación
Aprendizajes sobre naturaleza de la ciencia	Papel de las controversias sociocientíficas en el quehacer científico. Implicaciones sociales de los avances científicos. Dimensión ética y responsabilidad cívica de científicos/as.		
Ideas previas del alumnado que son cuestionadas durante la actividad	La ciencia es ajena al contexto social en el que se desarrolla. La ciencia produce un conocimiento verdadero e infalible. La ciencia es ajena a intereses económicos y cuestiones éticas.		
	Las especies moleculares son siempre compuestos.	La toxicidad de las sustancias químicas es siempre observada de forma inmediata. La toxicidad de una sustancia química solo es relevante en el caso de exposiciones a grandes cantidades de la misma.	
Acceso a materiales e información adicional	https://go.uv.es/PhhtHe8	https://go.uv.es/W83oPIE	https://go.uv.es/Ms2hdHc
			

CONCLUSIONES

Si bien un análisis detallado de la efectividad de las experiencias didácticas presentadas excedería los objetivos del presente trabajo, su presentación y divulgación pretende fomentar entre el profesorado de ciencias de ESO y Bachillerato la importancia de incorporar una dimensión histórica a la educación STEM partiendo de la adaptación al aula del trabajo de investigación en el ámbito de la didáctica y la historia de la ciencia. Así, las cinco experiencias descritas se nutren de perspectivas actuales en el marco de la investigación en historia de la ciencia, como los estudios históricos sobre ciencia en las aulas (experiencias didácticas 1 y 2) y la investigación sobre invisibilización de sustancias tóxicas (experiencias didácticas 3, 4 y 5), y de la investigación en didáctica de las ciencias, como el aprendizaje por indagación (experiencias 1 y 2) y el empleo de controversias sociocientíficas para la enseñanza de las ciencias (experiencias 3, 4 y 5).

Aunque un examen en detalle del grado de eficacia y aplicabilidad de las experiencias didácticas exigiría futuros estudios empíricos adicionales, las primeras conclusiones tras el diseño y prueba piloto de estas experiencias en las aulas permiten apuntar que este tipo de actividades fomentan un aprendizaje de la química escolar:

- Significativo, pues el estudiante cuestiona frecuentemente ideas previas erróneas.
- Interdisciplinar, pues el estudiante integra conocimientos propios de la química con otros de la física o de la biología.
- Contextualizado, pues el estudiante relaciona la ciencia con el marco histórico y social en el que se produce.
- Creativo, pues en las experiencias que recrean prácticas históricas el estudiante ha diseñado versiones novedosas de los artefactos pretéritos.
- Crítico, pues en las experiencias de enfoque CTS el estudiante ha de valorar los riesgos de los (ab)usos de la química en contextos reales.
- Cívico, pues en las experiencias de enfoque CTS se promueve en el alumnado la importancia del conocimiento científico para el ejercicio de una ciudadanía activa y la toma de decisiones que afecten a nuestro entorno y sociedad.

Las actividades didácticas reflejan asimismo las múltiples formas que puede adoptar la historia de la ciencia en la enseñanza, incluyendo desde experiencias semi-indagativas, manipulativas y experimentales (experiencias didácticas 1 y 2) a otras en las que se fomenta la comprensión lectora/escucha activa de textos y medios audiovisuales (experiencias didácticas 3, 4 y 5), contribuyendo así a una formación integral del estudiante. Finalmente, pero no por ello menos importante, cabe destacar el interés de las actividades desde un punto de vista motivacional, por implicar la realización de experiencias prácticas (experiencias didácticas 1 y 2), remitir a capítulos misteriosos de la historia de la ciencia (experiencia didáctica 3), hacer uso de medios audiovisuales (experiencia didáctica 4) o afectar a su vida cotidiana de forma directa (experiencia didáctica 5).

Se revela pendiente ahondar en las implicaciones específicas para la docencia de las experiencias didácticas aquí presentadas y detalladas, lo que permitirá introducir mejoras en las mismas, así como diseñar y llevar a la práctica experiencias nuevas en contenidos y formatos, pero con un denominador común: la historia de la ciencia, elemento central para una educación STEM que actúe para nuestra joven ciudadanía en formación como una herramienta fundamental para comprender el mundo en el que viven e intervenir en él con responsabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MORENO MARTÍNEZ, L. (2021) El boletín Faraday (1928-29) y las relaciones entre historia y didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias* 39(3), en prensa.
- [2] CONANT, J. B. (1957) *Harvard Case Studies in Experimental Science*. Cambridge, Harvard University Press.
- [3] MATTHEWS, M. R. (1988) A role for history and philosophy in science teaching. *Educational Philosophy and Theory* 20(2), 67-81.
- [4] MATTHEWS, M. R. (Ed.) (2014) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Dordrecht, Springer.

- [5] QUINTANILLA GATICA, M, DAZA ROSALES, R, CABRERA CASTILLO, H. (Eds.) (2014) *Historia y filosofía de la ciencia. Aportes para una nueva aula de ciencias promotora de ciudadanía y valores*. Santiago de Chile, Bellaterra.
- [6] ALBALADEJO, E. (1990) *Química Faraday*. Barcelona, Teide.
- [7] SOLBES, J., TRAVER, M. J. (1996) La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las ciencias* 14(3), 103-112.
- [8] ACEVEDO DÍAZ, J. A., GARCÍA CARMONA, A., ARAGÓN, M. M. (2017) Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación Química* 28(3), 140-146.
- [9] ACEVEDO DÍAZ, J. A., GARCÍA CARMONA, A., ARAGÓN MÉNDEZ, M. M. (2017) *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia*. Madrid, Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- [10] MORENO MARTÍNEZ, L. (2020) *Ciencia en las aulas: Prácticas pedagógicas, cultura material e historia de la ciencia en la obra de Modesto Bargalló en España (1894-1939)*. Valencia, Universitat de València.
- [11] HEERING, P. (2009) The role of historical experiments in science teacher training: experiences and perspectives. *Actes d'Història de la Ciència I de la Tècnica* 2(1), 389-399.
- [12] GUIJARRO MORA, V. (2018) *Artefactos y acción educativa. La cultura del objeto científico en la enseñanza secundaria en España (1845-1930)*. Madrid, Dykinson.
- [13] MORENO MARTÍNEZ, L. (2020) Modesto Bargalló en España (1894-1939): Una biografía entre la historia de la educación y la historia de la ciencia. *Historia y Memoria de la Educación* 13, 635-674.
- [14] BARGALLÓ, M. (1920) *La vida de las plantas*. Reus, Sardá.
- [15] BARGALLÓ, M. (1924) *El gabinete de física*. Reus, Sardá.
- [16] HEERING, P. y WITJE, R. (2011) *Learning by Doing: Experiments and Instruments in The History of Science Teaching*. Berlín, Franz Steiner Verlag.
- [17] DOMÈNECH CASAL, J. (2019) *Aprendizaje basado en proyectos, trabajos prácticos y controversias. 28 propuestas y reflexiones para enseñar ciencias*. Barcelona, Octaedro.
- [18] (2010) Colección de instrumentos científicos: Pirómetro de cuadrante. [En línea], disponible en: <https://www.colegioinmaculada.es/Laboratorio/dilatac.htm> [Consultado el 02/07/2021].
- [19] ACEVEDO DÍAZ, J. A., GARCÍA CARMONA, A. (2017) *Controversias en la historia de la ciencia y cultura científica*. Madrid, Catarata.
- [20] ALLCHIN, D. (2004) Should the sociology of science be rated X? *Science Education* 88(6), 934-946.
- [21] MORENO MARTÍNEZ, L. (2020) Principia: El misterioso caso Lafarge. [En línea], disponible en: <https://principia.io/2020/07/09/el-caso-lafarge.ljEyMTYi/> [Consultado el 02/07/2021].
- [22] BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. (2015) *La verdad sobre el caso Lafarge. Ciencia, justicia y ley durante el siglo XIX*. Valencia, Publicaciones de la Universitat de València.
- [23] (2020) El País: Próxima estación, amianto. [En línea], disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=EwINxDL9gtw> [Consultado el 02/07/2021].
- [24] GARCÍA BELMAR, A. (2020). Tòxics (in)visibles-Amiant. [En línea], disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=bjwIKc_IO90 [Consultado el 02/07/2021].

LO QUE ESCONDEN LOS GENES-ESTUDIO GENÉTICO EN GUSANOS DE SEDA (*BOMBYX MORI*)

Isaac Palomino Álvarez¹, Isabel Blázquez de Paz²

¹ Facultad de Biología - Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España) - Estudiante

² IES Gómez-Moreno, Madrid (España) - Profesora

Palabras clave: control genético, gusanos de seda.

Keywords: genetic control, silkworms.

Resumen

Diseñamos un experimento empleando tres razas de gusanos de seda: la blanca, la cebrada y la egipcia. Las tres razas presentan características muy diferentes y fáciles de reconocer. Todos los gusanos se criaron hasta la edad adulta y se realizaron cruces selectivos para estudiar, en la siguiente generación, la dominancia y recesividad de los caracteres analizados: número de huevos y gusanos, tasa de eclosión y mortalidad a primera semana, color del cuerpo, crecimiento en tres días, y tamaño, color y forma del capullo. Los resultados parecen indicar que el color del cuerpo sigue un control mendeliano, y los demás otros controles genéticos de tipo cuantitativo (color del capullo), epistático o alelos controlados por más de un gen.

Abstract

We designed an experiment using three silkworm breeds: white, barley and Egyptian. The three breeds have very different characteristics and are easy to recognize. All the worms were reared until adulthood and selective crosses were made to study, in the next generation, the dominance and recessivity of the characteristics analyzed: number of eggs and worms, hatching rate and first week mortality, body color, growth in three days, and size, color, and shape of the cocoon. The results seem to indicate that the color of the body follows a Mendelian control, and the others, quantitative genetic controls (color of the cocoon), epistatic or alleles controlled by more than one gene.

I. INTRODUCCIÓN

Los humanos llevamos siglos intentando comprender el mecanismo que rige la herencia de nuestros caracteres. Debemos remontarnos a los estudios de Gregor Mendel (1822–1884) para encontrar el germen de esta ciencia moderna llamada genética. Lo que se ha determinado es que existen unidades heredables, los genes,

Nota: este estudio ganó el primer premio en el concurso internacional Ciencia en Acción, celebrado en Alcoi (Alicante) en 2019, en la modalidad Laboratorio de Biología.

con dos características muy concretas: (1) pueden transferirse de generación en generación, de manera que cada individuo contenga una copia de esta unidad, y (2) incluyen información anatómica, funcional y biológica de los procesos clave para dicha especie.

En muchos de los estudios genéticos se cuenta con modelos animales que clarifican los mecanismos a través de los cuales trabajan los genes. Sin duda, los insectos ocupan un lugar destacado en las investigaciones, como atestigua la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), con miles de estudios a sus espaldas. No obstante, otros insectos también ocupan un papel destacado en este ranking, como ocurre con el gusano de seda (*Bombyx mori*), clave no sólo en la producción de seda a nivel mundial, sino en investigaciones biológicas. Se han identificado unas 4310 razas de gusanos de seda, junto con unos 230 genes y loci [1,2] y 450 características morfológicas y biológicas, dentro de sus 28 cromosomas [3]. Un aspecto esencial en el éxito de la determinación genética de esta especie es el hecho de que el fenotipo de diversos genes es muy fácil de reconocer, pudiendo anticipar posibles variaciones en caracteres específicos [4].

Asimismo, en esta especie se ha visto que varios fenotipos están regidos por un control genético cuantitativo, es decir, por adición de genes más que por dominancia, como ocurre con el color y la cantidad de seda en los capullos [5,6]. No obstante, otros caracteres son cualitativos, como el color del huevo, el color y forma del cuerpo del animal en el último periodo larvario, o el tamaño del capullo [3].

Asimismo, hay que destacar que el sexo puede influir notablemente en la frecuencia de sobrecruzamiento. De hecho, los machos de ciertas especies de *Drosophila melanogaster* y las hembras de los gusanos de seda, presentan meiosis aquísmáticas por lo que no sufren sobrecruzamiento, representando un caso límite. En ausencia de quiasmas ocurre el llamado ligamiento absoluto, un fenómeno genético en el que los cromosomas no pueden recombinarse con sus correspondientes alelos del cromosoma homólogo, por lo que ciertos fenotipos no aparecerán en la descendencia de cruces recíprocos, o en proporciones mucho menores de las esperadas si se diese sobrecruzamiento [7].

OBJETIVO

Lo que perseguimos con este proyecto es diseñar un experimento sencillo para determinar el control genético de varios caracteres del gusano de seda.

HIPÓTESIS

Es muy probable que algún carácter de *Bombyx mori* siga el control mendeliano y quizás corresponda con alguno de los caracteres que hemos incluido en nuestro estudio.

2. METODOLOGÍA

2.1. Los progenitores

A. Elección de las razas y los caracteres que se estudiarán

Las tres razas elegidas para el estudio fueron:

cebrado (C+C+) (**figura 1**), blanco (CC) (**figura 2**) y egipcio (cc) (**figura 3**).

En cuanto a los caracteres elegidos (a estudiar en la descendencia), nos decantamos por:

- Índice de eclosión: número de huevos que eclosionan respecto del total.
- Índice de mortalidad a primera semana: número de gusanos muertos durante la primera semana respecto del total de gusanos.
- Color del cuerpo de la larva
- Incremento del tamaño corporal durante el crecimiento (medido como incremento de peso durante tres días consecutivos).
- Color, forma y tamaño del capullo.

**Figura 1.****Figura 2.****Figura 3.**

B. Cría de los parentales

En abril de 2018 adquirimos 20 huevos de cada una de las razas y a los 10 días aproximadamente eclosionaron. Tras la eclosión, se eligió un recipiente distinto para cada una de las razas y se los alimentó con morera (*Morus alba*) hasta la fase de capullo, algo que ocurrió sobre principios de junio. En ese momento, se individualizó a cada uno de los gusanos en un recipiente pequeño para evitar cópulas incontroladas, y se esperó hasta que saliesen las mariposas en la última semana de junio.

C. Diseño de los cruces

A fin de poder determinar la herencia de caracteres adquiridos en la descendencia, se realizaron cruces selectivos. Para ello, se prepararon unas cajas de zapatos con compartimentos individualizados, en los que se introdujeron machos y hembras de las distintas razas en función del cruce deseado:

1. Cebrado x Cebrado: mariposas macho y hembra de esta raza.

2. Blanco x Blanco: mariposas macho y hembra de esta raza.

3. Egipcio x Egipcio: mariposas macho y hembra de esta raza.

4. ♂ Cebrado x ♀ Blanco }
5. ♂ Blanco x ♀ Cebrado } Cruce recíproco

6. ♂ Cebrado x ♀ Egipcio }
7. ♂ Egipcio x ♀ Cebrado } Cruce recíproco

8. ♂ Blanco x ♀ Egipcio }
9. ♂ Egipcio x ♀ Blanco } Cruce recíproco

Como puede apreciarse, se realizaron cruces recíprocos entre todas las razas, ya que las hembras de gusano de seda son aquismáticas.

Además, se recogieron los huevos sin fecundar que depositaron hembras de las tres razas dentro de sus *tupper* independientes, por si se trataba de insectos partenogenéticos, para poder ver las características de los descendientes el año siguiente.

D. Recogida y conservación de los huevos

Tras las cópulas y la puesta de huevos, se recogieron varias muestras de cada cruce, se etiquetaron y se metieron en sobres independientes, dentro de un *tupper*, para su conservación en nevera hasta abril-mayo del año siguiente, momento en el que vuelven a salir las hojas de morera y se pueden sacar los huevos para que eclosionen y seguir con la nueva generación.

2.2. Los descendientes de la F1

A. Eclosión de los huevos, cría de los gusanos y registro de los caracteres estudiados

A mediados de abril de 2019 se comprobó que había suficiente morera para alimentar a los gusanos, por lo que se sacaron los huevos de la nevera, se los separó en nueve *tupper* (uno por cruce) y se los dejó a temperatura ambiente para que eclosionasen. Unos diez días después eclosionaron los huevos, y se hizo un recuento de los que no lo habían hecho, para poder calcular el índice de eclosión. Tras una semana de vida, se contó a los gusanos que habían perecido, calculándose así el índice de mortalidad a primera semana.

Aproximadamente una semana después, se podía apreciar con fiabilidad el patrón de color del cuerpo de las larvas, momento en el que se contó el número total de gusanos de cada uno de los fenotipos en los cruces realizados y se procedió al descarte, quedándonos con tan solo 20 gusanos de cada cruce, guardando las proporciones originales.

Una vez hecho el descarte, se dejó a los gusanos reposar una semana para evitar un excesivo estrés por manipulación y comenzaron a pesarse tres días consecutivos para calcular el incremento del tamaño corporal.

Finalmente, se dejó que los gusanos hiciesen el capullo y se anotó el color, forma y tamaño de cada uno de ellos en los cruces realizados.

B. Diseño de los cruces de la F1

Desde los cruces de los parentales, y en vista de la diversidad fenotípica de los descendientes de la F1 en cuanto a su color corporal, se diseñaron los siguientes cruces para obtener la F2.

1. Cebrado x Cebrado – F1: un único fenotipo (egipcio), por lo que el único cruce posible fue Cebrado x Cebrado
2. Blanco x Blanco – F1: un único fenotipo (egipcio), por lo que el único cruce posible fue Blanco x Blanco
3. Egipcio x Egipcio – F1: un único fenotipo (egipcio), por lo que el único cruce posible fue Egipcio x Egipcio
4. ♂ Cebrado x ♀ Blanco – F1: dos fenotipos (cebrado y blanco), con cuatro posibles cruces:
 4. A. ♂ Cebrado x ♀ Blanco
 4. B. ♂ Blanco x ♀ Cebrado
 4. C. Cebrado x Cebrado
 4. D. Blanco x Blanco
5. ♂ Blanco x ♀ Cebrado – F1: dos fenotipos (cebrado y blanco), pero todos machos, por lo que no se pudo continuar con esta línea en la F2.
6. ♂ Cebrado x ♀ Egipcio – F1: un único fenotipo (egipcio), por lo que el único cruce posible fue Egipcio x Egipcio
7. ♂ Egipcio x ♀ Cebrado – F1: un único fenotipo (egipcio), por lo que el único cruce posible fue Egipcio x Egipcio
8. ♂ Blanco x ♀ Egipcio – F1: un único fenotipo (egipcio), por lo que el único cruce posible fue Egipcio x Egipcio
9. ♂ Egipcio x ♀ Blanco – F1: un único fenotipo (egipcio), por lo que el único cruce posible fue Egipcio x Egipcio

C. Recogida y conservación de los huevos de la F1

El procedimiento en este punto fue similar al llevado a cabo el año anterior con los cruces de los parentales.

2.3. Los descendientes de la F2

A. Eclosión de los huevos, cría de los gusanos y registro de los caracteres estudiados

La cría y registro de datos de la F2 se realizó igual que el año anterior, pero en esta ocasión los huevos se sacaron de la nevera a principios de mayo de 2020, eclosionando aproximadamente a mediados de dicho mes.

También cabe destacar que en esta ocasión se dejaron unos 30 gusanos por cruce durante el descarte frente a los 20 del año anterior. Esto nos permite tener algo un volumen mayor de datos, dando mayor fortaleza a los análisis estadísticos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Huevos de hembras aisladas

Ninguno de los huevos que pusieron hembras aisladas, es decir, sin fecundar, eclosionaron, lo que muestra que no es una especie partenogenética como ocurre en otros insectos, como los himenópteros.

3.2. Caracteres estudiados

La **tabla I** muestra un resumen de los caracteres analizados hasta la fecha, destacándose valores especialmente llamativos.

3.2.1. Huevos totales, índice de eclosión o índice de mortalidad la primera semana

En cuanto al número de huevos (que fueron los que se seleccionaron de los progenitores, recogidos en función de las puestas totales), los cruces que menos tienen son aquellos en los que hay hembras de la raza egipcia. Además, el índice de eclosión es menor al 50% en todos los cruces en los que hay mariposas de la raza egipcia. Asimismo, la mortalidad durante la primera semana es más elevada cuando hay hembras de raza egipcia, y se dispara cuando el cruce es entre dos mariposas egipcias. Por lo tanto, parece que la viabilidad de los huevos y larvas de esta raza es menor que la de las otras dos razas (**tabla I**).

3.2.2. Color del cuerpo de las larvas

Los tres primeros cruces nos sirven de control para comprobar que las razas que sirvieron de progenitores eran puras (homocigóticas). En todos los casos obtenemos exclusivamente descendientes de fenotipos iguales a los de los progenitores, por lo que podemos confirmar con cierta fiabilidad que los gusanos adquiridos eran razas puras y que los análisis genéticos posteriores se pueden realizar correctamente.

En cuanto a la raza egipcia, su fenotipo es dominante en lo relativo al color del cuerpo de las larvas. Podemos definir el alelo que da lugar al cuerpo egipcio como C+, que domina sobre los otros dos C (cebrado) y c (blanco). Si analizamos las otras dos razas, vemos que el fenotipo cebrado es dominante respecto del fenotipo blanco en el color de las larvas (C domina sobre c), aunque esta dominancia no es total como en el caso de la raza egipcia, ya que en los cruces recíprocos entre mariposas cebradas y blancas aparecen al menos algunos gusanos blancos.

Estos resultados podrían interpretarse como la epistasia entre dos genes, o bien, una serie alélica. En ambos casos el problema radica en explicar la aparición de larvas blancas en cruce con cebrados, suponiendo que estos son homocigotos y dominantes (**tabla I**).

3.2.3. Crecimiento en tres días

Cuando la hembra del cruce es egipcia, el crecimiento corporal de las larvas en tres días es significativamente menor que cuando la hembra del cruce es cebrada o blanca. Este resultado parece indicar una vez más una dominancia fenotípica cuando la hembra es egipcia, y una merma en la eficacia biológica ligada a este feno-

Tabla 1

CRUCE		ÍNDICE DE ECLOSIÓN (huevos que eclosionan respecto al total)			ÍNDICE DE MORTALIDAD A PRIMERA SEMANA		
		Nº total de huevos	Nº de huevos sin eclosionar	%	Nº de gusanos nacidos	Nº de gusanos muertos	%
1	Cebrado x Cebrado	606	155	74,5	451	34	7,5
2	Blanco x Blanco	1033	282	72,7	751	12	1,6
3	Egipcio x Egipcio	117	72	38,5	45	20	44,4
4	♂Cebrado x ♀ Blanco	1125	330	70,7	795	1	0,1
5	♂Blanco x ♀ Cebrado	770	391	50,3	379	27	7,1
6	♂Cebrado x ♀ Egipcio	145	83	42,8	62	18	29,0
7	♂Egipcio x ♀ Cebrado	701	435	37,9	266	14	5,3
8	♂Blanco x ♀ Egipcio	306	213	30,4	93	18	19,0
9	♂Egipcio x ♀ Blanco	506	263	48,0	243	10	4,1

CRUCE		COLOR DEL CUERPO DE LA LARVA					
		Cebrados	%	Blancos	%	Egipcios	%
1	Cebrado x Cebrado	417	100	0	0	0	0
2	Blanco x Blanco	0	0	739	100	0	0
3	Egipcio x Egipcio	0	0	0	0	25	100
4	♂Cebrado x ♀ Blanco	672	85	122	15	0	0
5	♂Blanco x ♀ Cebrado	268	75	84	25	0	0
6	♂Cebrado x ♀ Egipcio	0	0	0	0	44	100
7	♂Egipcio x ♀ Cebrado	0	0	0	0	252	100
8	♂Blanco x ♀ Egipcio	0	0	0	0	75	100
9	♂Egipcio x ♀ Blanco	0	0	0	0	233	100

tipo, es decir que dichos individuos peor adaptados a los requerimientos ambientales tendrían menos posibilidades de dejar descendientes en la siguiente generación (tabla 2).

3.2.4. Tamaño, forma y color del capullo

Los cruces en los que los progenitores son blancos y cebrados dan TAMAÑOS de capullo significativamente mayores. Podría tratarse de un control cuantitativo del carácter; de manera que la suma de dos aportaciones génicas de alelos que de por sí dan tamaños grandes (como es el caso de estas dos razas) da un resultado sumativo (figura 4 y tabla 2).

En cuanto al COLOR, cruces con hembras egipcias dan tonalidades en el capullo mucho más claras que cuando se trata de cualquier otro cruce, siendo el color del capullo de dos gusanos egipcios blanco (como los parentales originales). Una vez más, este control parece ser cuantitativo (figura 4 y tabla 2).

**Figura 4.**

Finalmente, la FORMA del capullo vuelve a ser diferente cuando la hembra del cruce es egipcia, dando como resultado capullos más circulares, no tan ovalados. Cabe destacar que los capullos de los egipcios parentales eran todos circulares, por lo que parece haber una dominancia de este carácter frente al ovalado, aunque no es una dominancia completa. De ser así, todos los capullos de un cruce con hembra egipcia deberían ser circulares (figura 4 y tabla 2).

Tabla 2

CRUCE		CRECIMIENTO LARVARIO EN TRES DÍAS		
		Media día 1	Media día 2	Media día 3
1	Cebrado x Cebrado	0,56	0,92	1,51
2	Blanco x Blanco	0,57	0,85	1,45
3	Egipcio x Egipcio	0,21	0,45	0,58
4	♂Cebrado x ♀ Blanco	0,58	1,54	1,88
5	♂Blanco x ♀ Cebrado	0,84	1,62	2,65
6	♂Cebrado x ♀ Egipcio	0,25	0,53	0,58
7	♂Egipcio x ♀ Cebrado	0,45	0,96	1,72
8	♂Blanco x ♀ Egipcio	0,59	1,23	1,82
9	♂Egipcio x ♀ Blanco	0,63	1,29	1,92

CRUCE		N	TAMAÑO (medio)	COLOR					FORMA	
				Blanco	Amarillo 1	Amarillo 2	Amarillo 3	Amarillo 4	Circular	Oval
1	Cebrado x Cebrado	10	1,9					100%	30%	70%
2	Blanco x Blanco	11	2				3%	91%	36%	64%
3	Egipcio x Egipcio	12	2,1	100%					83%	17%
4	♂Cebrado x ♀ Blanco	16	3,1			18%	38%	44%	31%	69%
5	♂Blanco x ♀ Cebrado	13	2,7					100%	31%	69%
6	♂Cebrado x ♀ Egipcio	18	1,9		83%	17%			89%	11%
7	♂Egipcio x ♀ Cebrado	17	2				24%	76%	35%	65%
8	♂Blanco x ♀ Egipcio	15	2,2		60%	40%			60%	40%
9	♂Egipcio x ♀ Blanco	19	2,2				5%	95%	32%	68%

4. CONCLUSIONES

- El color parece seguir un control mendeliano (con serie alélica en la que el dominante es el egipcio, que domina sobre cebrado que a su vez domina sobre blanco)
- El resto de caracteres parece seguir otro control genético, como uno cuantitativo en el color de los capullos; o estar controlados por más de un gen o ser epistáticos como los cruces recíprocos entre mariposas cebradas y blancas en los que aparecen al menos algunos gusanos blancos en vez de ser todos cebrados
- Además, parece ser que la raza egipcia tiene una menor viabilidad en cuanto a la cantidad de huevos que las hembras depositan, presentando además una mayor mortalidad de sus larvas. No obstante, su fenotipo en cuanto a color de las larvas es dominante.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] YOSHIDO, A., BANDO, H., YASUKOCHI, Y., SAHARA, K. (2005) The *Bombyx mori* karyotype and assignment of linkage groups. *Genetics* 170:675–685.
- [2] ZANATTA, D.B., BRAVO, J.P., BARBOSA, J.F., MUNHOZ, R.E.F., FERNANDEZ, M.A. (2009) Evolution of economically important traits from sixteen parental strains of silkworm *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). *Neotropical Entomology* 38:327–331.
- [3] BOJAN, C., MARGHITAS, L.A., DEZMIREAN, D., TELEKY, O., MOISE, A. (2007) Qualitative characters study for silkworm hybrids. *Bulletin USAMV-CN. Animal Science Biotechnology* 63:219–223.
- [4] SEIDAVI, A.R., BIZHANNIA, A.R. (2008) Principles and methods of silkworm breeding improvement. Rasht: Haghshenas; p. 150.
- [6] SEIDAVI, A.R., GHOLAMI, M.R., BIZHANNIA, A.R., MAVVAJPOOR, M. (2004) Evaluation of heterosis, general and special combining ability for some biological characters in six silkworm lines. *Biology in Asia International Conference*; p. 123–124.
- [6] GOVINDAN, R.S., SATANAHALI, B., GOAD, I.V., GURARAJA, M.V., MAGADAM, S.B. (1991) Graphic analysis of gene action for some larval and cocoon traits in silkworm. *Mysore Journal of Agricultural Science* 24:474–481.
- [7] LACADENA CALERO, J.R. (1996) *Citogenética*. Editorial Complutense.

LA TABLA PERIÓDICA COMO RECURSO PARA LA EDUCACIÓN STEAM

Gabriel Pinto Cañón

Grupo Especializado en Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química. E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid. gabriel.pinto@upm.es

Dirección de correspondencia: gabriel.pinto@upm.es

Palabras clave: educación STEAM; historia de la ciencia; tabla periódica.

Keywords: history of science; periodic table; STEAM education.

Resumen

Con motivo de la celebración del Año Internacional de la Tabla Periódica (2019), se aportó mucha información y se discutió sobre la historia, significado e implicaciones didácticas de este icono de la ciencia. Aquí se ofrecen ideas sobre cómo pueden abordarse algunos de estos aspectos en la práctica educativa, con perspectivas STEAM (acrónimo en inglés de ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas).

Abstract

On the occasion of the celebration of the International Year of the Periodic Table (2019), a lot of information was provided and a great variety of aspects were discussed, about the history, the meaning and the didactic of this icon of science. This paper summarizes ideas on how some of these aspects can be addressed in education, by means of STEAM (science, technology, engineering, arts and mathematics) relationships.

INTRODUCCIÓN

En 2019 se celebró el *Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos*, para conmemorar el 150º aniversario de la propuesta de ordenación de los elementos conocidos entonces, por el ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev (1834–1907). También se pretendía reconocer la relevancia de las ciencias básicas en la solución de problemas globales. La construcción de la tabla periódica (TP) es un ejemplo de imbricación de distintas ciencias, tecnologías, e incluso arte e historia, con aportaciones multidisciplinares, en lo que actualmente se podría calificar como STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*). Tiene gran interés didáctico, pues es un claro ejemplo de la ciencia como obra colectiva, fruto del esfuerzo de personas de varios países y generaciones. A lo largo de 2019 se reflexionó mucho sobre la TP en foros diversos, y se realizaron multitud de actividades y publicaciones. En este trabajo se recogen ideas para educación STEAM, complementadas en textos anteriores [1-8]. Tras presentar aportaciones sobre la evolución del concepto de elemento químico, se exponen cuestiones de la historia del desarrollo y formas de representar la TP. Se comparten también ideas sobre su interpretación y su diseño como fuente de inspiración creativa.

EVOLUCIÓN DEL ELEMENTO QUÍMICO

La noción de elemento químico es esencial para comprender la utilidad y el significado de la TP. Su discusión histórica es un recurso relevante para el aprendizaje de las ciencias en general y de la química en particular. Para la filosofía griega clásica, los cuerpos estarían compuestos por cuatro constituyentes fundamentales (agua, aire, tierra y fuego), a los que se añadió un “quinto elemento”, el éter, formador de la esfera celeste. Un ejemplo para ilustrar y explicar estas ideas es el conocido fresco “La escuela de Atenas”, del pintor renacentista Rafael Sanzio (1483–1520). Recoge a filósofos de la época clásica, con rostros de coetáneos del artista. Entre otros, aparece el médico y filósofo cordobés Averroes (1126–1198), que defendió la filosofía de Aristóteles (384 a. C.–322 a. C.) y facilitó la continuidad del pensamiento griego y el florecimiento de la alquimia en la Europa medieval. Con este tipo de herramientas educativas se puede transmitir cómo la ciencia es parte de la cultura y que el interés por el conocimiento sobre la constitución de la materia estaba presente ya en la antigüedad. También es ejemplo de cómo se pueden promover acciones entre profesorado de varias materias (ciencias, filosofía, historia...).

La alquimia, práctica compleja y precursora de la química moderna, se practicó en diversas civilizaciones durante más de dos mil años y, en Europa, hasta el siglo XVIII. Se ha generalizado una imagen de los alquimistas como meros “charlatanes”, pero muchos eran personas laboriosas, que estudiaban la naturaleza y descubrieron técnicas y nuevas sustancias. Asociaban los siete metales conocidos a dioses mitológicos y, con ellos, a los siete *planetas* de la antigüedad, a los días de la semana y sus símbolos correspondientes: domingo-oro-Sol, lunes-plata-Luna, martes-hierro-Marte, miércoles-mercurio-Mercurio, jueves-estaño-Júpiter, viernes-cobre-Venus y sábado-plomo-Saturno. La simbología utilizada puede ser de interés para los alumnos. Así, la representación de la lanza y el escudo de Marte, dios de la guerra en la mitología romana, por un círculo y una flecha, se asociaba al hierro, y el cobre se representaba con un círculo y una cruz que simbolizaban el espejo de Venus, diosa de la belleza. Son los símbolos actuales para los géneros masculino y femenino.

El anglo-irlandés Robert Boyle (1627–1691) estableció que la materia está formada por “cuerpos primitivos y simples”, que componen los “cuerpos mixtos”. En *The Sceptical Chymist* (1661) propone que el “cuerpo simple” es una sustancia que no puede “reducirse” a otra más sencilla. La portada de su libro, accesible en internet, puede ser interesante por resumir sus planteamientos en el inglés de la época. El francés Antoine-Laurent de Lavoisier (1743–1794), en su *Traité Élémentaire de Chimie* (1789), reforzó el concepto de Boyle, postulando que “sustancia simple” es la que no se puede analizar (es decir, separar) en otras por procedimientos químicos. Algunas de sus 33 sustancias, como la luz y el calórico hoy no se consideran elementos y otras son compuestos. Empleó la clasificación de metales y no metales y propuso una nueva nomenclatura para simplificar los nombres antiguos de las sustancias. Trabajó en colaboración con su esposa, Marie-Anne Pierrette Paulze (1758–1836), que es un ejemplo recurrente para destacar el papel de la mujer en el desarrollo científico. El retrato de ambos por Jacques-Louis David (1748–1825) es un buen recurso para tratarlo. El inglés John Dalton (1766–1844) recuperó la teoría atomista de los griegos para explicar la composición de la materia. En 1808 explicó en *A New System of Chemical Philosophy* que las propiedades específicas de los elementos derivan de sus átomos (del griego “indivisibles”) constituyentes, que se podían visualizar como pequeñas esferas. Sugirió que átomos de distintos elementos poseen diferente masa, y que se combinan para formar compuestos en proporciones de números enteros sencillos, lo que se conoce como *ley de proporciones múltiples*. Fue de los primeros en determinar pesos atómicos, comparando pesos al reaccionar con hidrógeno, que tomó como referencia unidad. Representó cada átomo por un círculo con un símbolo o la inicial del elemento en inglés. Su teoría de elemento es prácticamente la actual: una sustancia que no puede descomponerse en otras más sencillas por procedimientos químicos, formada por átomos iguales. Los alumnos pueden realizar modelos de esferas de poliespán pintadas para discutir su teoría. Se ilustra lo expuesto en la **figura 1**.

La determinación de pesos atómicos fue perfeccionada por el sueco Jöns J. Berzelius (1779–1848). Además, introdujo la simbología actual de los elementos por su nombre en latín, añadiendo otra letra si había que diferenciar entre varios de misma inicial. Surgieron así símbolos como Fe de *ferrum*, Ag de *argentum*, etc. También fue precursor de la formulación actual de compuestos químicos, usando superíndices en vez de subíndices. La tarea de determinación de pesos atómicos la realizó, de forma más concluyente, el ita-

liano Stanislao Cannizzaro (1826–1910), que protagonizó el Congreso de Karlsruhe (Alemania). Fue una reunión internacional de química celebrada en 1860 para unificar conceptos, donde se puso de manifiesto que existían ciertas regularidades en las propiedades de los elementos. El peso atómico de entonces se conoce actualmente como masa atómica relativa. En aquella época los pesos atómicos se determinaban aplicando la hipótesis de Avogadro para gases (enunciada en 1811) y por aplicación de la ley de Dulong y Petit (conocida desde 1819) para sólidos. Un ejemplo del cuidado que hay que prestar al significado y evolución histórica de conceptos es la diferenciación entre valencia (término introducido a finales del siglo XIX para designar el “poder de combinación” de un elemento), carga formal y número de oxidación, no siempre de fácil asimilación por los alumnos. Desde mediados del siglo XIX hasta el primer tercio del siglo XX, se fue descubriendo cada vez más sobre la constitución de los átomos y se llegó a entender que consisten en pequeños núcleos formados por protones (carga positiva) y neutrones (carga neutra) rodeados de electrones (carga negativa y de mucha menor masa). Esto permitió comprender de forma más precisa el concepto de elemento químico.



Figura 1. De izda. a der., fragmentos de: “La escuela de Atenas” de Rafael (Museos Vaticanos), “Portrait d’Antoine-Laurent Lavoisier et de sa femme” de David (Museo Metropolitano de Arte de Nueva York), y lista de pesos atómicos y símbolos de Dalton.

HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA TABLA PERIÓDICA

Para simplificar y racionalizar el estudio de la química de los elementos, hubo múltiples intentos de clasificarlos en función de sus propiedades a lo largo del siglo XIX. No es fácil mostrar a los alumnos actuales cómo se ha desarrollado la TP, porque conocen el “resultado final”, pero tiene gran interés pedagógico porque es uno de los ejemplos más paradigmáticos del desarrollo de una teoría dentro de la historia de la ciencia. Además, es conveniente comentarles también algunos de los fracasos acaecidos en su desarrollo, para no fomentar la historiografía *whig* (solo presenta éxitos consecutivos) en el avance científico. Son emblemáticas las “tríadas” del alemán Johann Wolfgang Döbereiner (1780–1849), que clasificó en 1829 algunos de los elementos conocidos, por propiedades químicas similares, en grupos de tres (como calcio, estroncio y bario) y advirtió que, en cada *tríada*, el peso atómico de un elemento era aproximadamente la media aritmética de los otros dos. Para ilustrar cómo se puede trabajar este aspecto con los alumnos, en la **figura 2** se recoge un ejemplo para que trabajen en equipo sobre la construcción de las *tríadas*. El color común de los elementos representa que tienen propiedades (como la estequiometría en la formación de hidruros u óxidos) similares, y se les invita a que los agrupen (partiendo de las fichas descolocadas) por colores iguales y señalen cuántos elementos hay en cada “familia” y si se observa alguna relación entre los pesos atómicos en cada una. El ingeniero francés Alexandre Émile Béguyer de Chancourtois (1820–1886), en 1862, colocó los elementos conocidos (y algunos compuestos) por orden creciente de peso atómico, sobre una curva helicoidal inscrita alrededor de un cilindro vertical con una circunferencia de 16 unidades (peso atómico del oxígeno), en la que los elementos que caían en la misma vertical tenían propiedades semejantes. Sugirió una ordenación que denominó *vis tellurique* (tornillo telúrico), y lo representó mediante un esquema donde el telurio (y de ahí su nombre) estaba en el centro. Indicó que “las propiedades de los

elementos son las propiedades de los números". En la **figura 2** se recoge una versión como ejemplo de lo que pueden construir los alumnos para fabricar un cilindro según lo descrito por Chancourtois, y vislumbrar cómo apreció cierta periodicidad en las propiedades de los elementos.

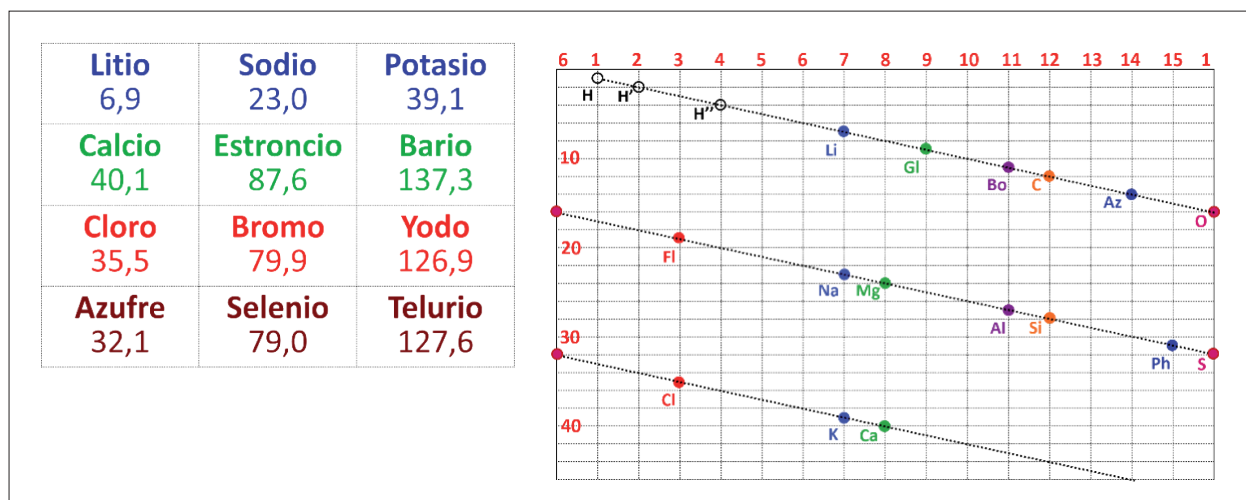


Figura 2. Izda.: Ejemplo para recortar "cartas" para promover entre alumnos la generación de "tríadas" de elementos. Der.: Dibujo para recortar y pegar los extremos para entender el tornillo telúrico; se han respetado los símbolos de la época, como el Gl para el glucinio (hoy Be, berilio), boro (Bo, hoy B), Az (ázoe, nitrógeno, hoy N) y Ph (fósforo, hoy P).

En 1865, el químico inglés John Alexander Reina Newlands (1837–1898) apreció que cuando los elementos se ordenaban por pesos atómicos crecientes, cada ocho elementos existían semejanzas en las propiedades físicas y químicas. Como vislumbró en ello cierto parecido con la escala musical, propuso denominarla "Ley de las octavas". Fue ridiculizado, pero, años después, se reconoció su interés. En la **figura 3**, se recoge una herramienta educativa al respecto; puede discutirse con los alumnos si se hubiera cumplido la citada ley si se hubiera conocido algún gas noble. Como curiosidad, el apellido Reina se debe al origen italiano de su madre. De hecho, participó muy joven, como voluntario, bajo el mando de Giuseppe Garibaldi (1807-1882) en la unificación italiana. Un grabado de alguna de las batallas de los "camisas rojas" garibaldinos puede ser punto de partida para la reflexión de cómo los científicos no son personas alejadas de su realidad social, y para meditar sobre la imagen que se suele transmitir a los alumnos de los científicos, como personas de cierta edad, cuando muchos de sus descubrimientos los hicieron con menos de 30 años.

De forma independiente, dos asistentes al Congreso de Karlsruhe, Mendeléiev y el alemán Julius Lothar Meyer (1830–1895), establecieron que existe una ley periódica, por la que las propiedades de los elementos (unos 60 entonces) se repiten con cierta periodicidad al aumentar su peso atómico. La tabla del primero se publicó en 1869 y la de Meyer en 1870. Mendeléiev fue más consciente de la importancia de su clasificación, que fue modificando durante cuatro décadas. De su tabla se deducía una periodicidad de las propiedades,



Figura 3. Teclado para explicar la "ley de las octavas".

referidas esencialmente a las proporciones con las que se combinaban los elementos, y que dependían, a su juicio, de los pesos atómicos. Lo más relevante es que predijo la existencia de elementos que se descubrirían después, como el galio (ekaaluminio) y el germanio (ekasilicio), y que cambiara el orden en algún par de elementos. No se descubrieron todos los elementos que predijo a lo largo de su vida, pero visto siglo y medio después resulta admirable su intuición, considerando la inexactitud de muchos de los datos de que disponía. De forma análoga a lo referido sobre las tríadas anteriormente, en la **figura 4** se recoge una tabla para que, al recortar cada elemento, los alumnos los agrupen por propiedades parecidas (representado por el color común), colocando el menos pesado arriba a la izquierda y el resto, por peso atómico creciente, al bajar en cada columna y hacia la derecha de cada fila. Seguidamente se les puede preguntar si aparecen huecos y si se pueden colocar así los 11 elementos seleccionados.

Si = 28	? = 70	Sn = 118
P = 31	As = 75	Sb = 122
S = 32	Se = 79,4	Te = 128
Cl = 35,5	Br = 80	J = 127

Figura 4. Ejemplo de tabla para para recortar “cartas” con las que promover entre alumnos el conocimiento de diseño de tabla periódica por Mendeléiev. Los números son los pesos atómicos de la época. Se mantiene el símbolo original para el yodo, J, en vez de la I actual.

Gracias a la TP de Mendeléiev y otras, se pudieron relacionar las propiedades de los elementos y sus compuestos con otros de comportamiento similar; lo que sirvió de impulso para la racionalización de la química y, con ello, se facilitó su estudio. Entre los problemas estaban, como se ha comentado, los “huecos” de elementos y algunas inversiones de orden, como telurio-yodo, que en un principio justificó por errores en el cálculo de pesos atómicos. Estas inversiones se explicarían en 1913, como otros aspectos esenciales de la TP, por la aportación del físico inglés Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887–1915), al justificar que existe una relación empírica entre la frecuencia de los rayos X emitidos por cada elemento, con su número atómico (orden consecutivo de cada elemento en la TP, que identificó como el número de cargas positivas en el núcleo). Fue la base para establecer la “ley periódica” moderna, según la cual, las propiedades físicas y químicas de los elementos muestran tendencias periódicas al ponerlos en orden por número atómico (y no del peso atómico, como la primitiva ley de Mendeléiev). Moseley falleció con solo 27 años en la Primera Guerra Mundial, pero su trabajo fue fundamental para la comprensión de la estructura atómica y de la propia TP. La denominación de número atómico con Z procede del término en alemán: *atomzahl*.

Las aportaciones de Mendeléiev, Meyer y otros científicos del siglo XIX, en la construcción de la TP, se acrecientan si se considera que, en su época, no se conocía la estructura de la materia a nivel atómico, y que la separación y la purificación de los elementos eran rudimentarias. Estos autores se solían referir a un “sistema periódico”, término que, con el tiempo, se fue generalizando como “tabla periódica”. El descubrimiento de los gases nobles a finales del siglo XIX y principios del XX, supuso una contrariedad a Mendeléiev, pues no había previsto un lugar adecuado en su tabla, finalmente fueron una brillante confirmación de su ley periódica, y se incluirían como grupo 0. El químico y físico inglés Frederick Soddy (1877–1956) explicó la importancia del peso atómico ponderado (considerando la proporción isotópica) y acuñó el término “isótopo”, como neologismo basado en las palabras griegas *isos* (igual) y *topos* (lugar), refiriéndose a átomos con igual número de protones (número atómico) y distinta masa atómica (por poseer diferente número de neutrones). Él mismo explicó que se le ocurrió la denominación por “ocupar” el mismo lugar en la TP y ser químicamente idénticos.

La mecánica cuántica, consolidada hace cerca de cien años, aportaría la explicación actual de la TP. Así, las propiedades físicas y químicas de los elementos varían periódicamente con el número atómico (número de protones del núcleo del átomo, coincidente con su número de electrones de la corteza) que no siempre implica un aumento de peso atómico (dependiente del número de protones, pero también del número de neutrones del núcleo atómico). Los electrones se distribuyen en “orbitales” atómicos con energía “cuantizada”, no continua. Otro aspecto que conviene indicar es que la periodicidad no se produce para los mismos intervalos, sino sucesivamente, cada 2, 8, 8, 18, 18, 32 y 32 unidades de número atómico, al repetirse así la disposición de los electrones de la capa electrónica más externa (de valencia). Esto, que necesita del conocimiento de las “configuraciones electrónicas”, no es sencillo de asimilar por estudiantes de educación secundaria, pero su potencialidad didáctica es muy relevante.

La contribución de científicos españoles a la tabla periódica se puede calificar de “digna”, al haber descubierto tres elementos (Pt, W y V), y puede mostrarse a los alumnos para motivarles. En todo caso, a veces es difícil precisar quién descubre un elemento químico: ¿La primera persona que lo detecta? ¿El primero que lo aísla? ¿El que lo caracteriza? Incluso, puede haber controversias por la distinta fortuna en la difusión de su conocimiento. Tampoco todos los países actuales se corresponden con los de hace tiempo, ni parece conveniente hacer de esta cuestión un ejercicio de nacionalismo, dado que, como se ha señalado, la TP es un logro colectivo. En la **figura 5** se representa la evolución del conocimiento de elementos químicos desde la antigüedad hasta el presente, acompañada de hitos en su desarrollo, y distintas tecnologías que facilitaron su descubrimiento. Esto puede ser una fuente importante de orientaciones STEAM. Un trabajo motivador para muchos alumnos podría ser buscar las biografías de personajes (y otros relacionados) que aparecen en este artículo e indagar sobre el origen de los nombres de los elementos.

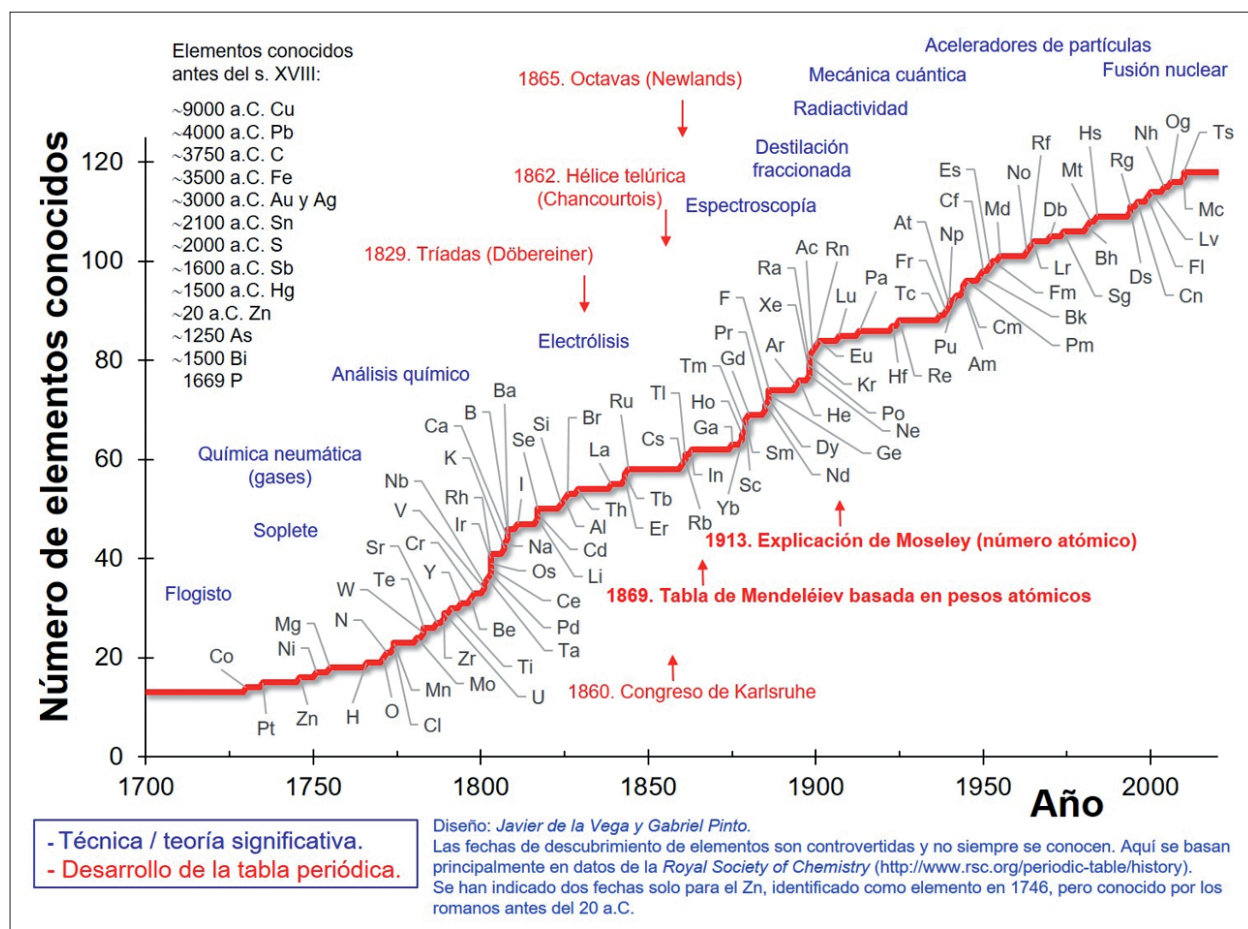


Figura 5. Evolución del conocimiento de elementos químicos, acompañada de hitos en su desarrollo, y distintas tecnologías que facilitaron su descubrimiento.

FORMAS DE REPRESENTAR LA TABLA PERIÓDICA

La labor del profesorado, el alumnado y las editoriales de libros de texto en la evolución de la TP ha sido crucial, algo que no es habitual en el desarrollo de la ciencia. El propio Mendeléiev se esforzó en clasificar los elementos químicos con objetivo, en buena medida, de racionalizar el estudio de la química inorgánica para un libro de texto. La TP no es una herramienta estanca, y se han ideado diferentes estructuras a lo largo de la historia. Las familias de elementos con propiedades similares, que en un principio representó en filas, ahora se recogen en columnas. La forma más conocida y usada actualmente es la que consta de 7 períodos; a veces se incluye un octavo con solo dos elementos, Uue (119, *ununennium*) y Ubn (120, *unbinilium*), aún no descubiertos. También hay 18 columnas numeradas de la 1 a la 18. Hace unos años, las columnas (familias o grupos de elementos) se designaban por grupos IA a VIII A (elementos representativos) y de IB a VIIIB, más un VIII B (que incluía los grupos del Ni, Fe y Co), para agrupar los metales de transición. Algunos grupos tienen nombre especial (alcalinos, halógenos...). Existen aún ciertas discrepancias sobre algunos aspectos. Así, en algún caso se coloca el He encima del Be, por ser la columna de las configuraciones electrónicas s^2 , pero se suele ubicar encima del Ne, como típico gas noble que es. Con el H ocurre algo similar; aunque se suele colocar encima del Li, porque ambos son de configuración s^1 , a veces se dispone encima del F por presentar propiedades químicas más similares a las de los halógenos que a las de los metales alcalinos. Existen muchas variedades de colores, que suelen representar tres grandes familias de elementos: metales, no metales y semimetales (también denominados metaloides). Pero también se usan colores, a veces, para distinguir el estado de agregación de los elementos, en condiciones especificadas de temperatura y presión, así como si se trata de elementos sintéticos. El galio se identifica en algunas TP como líquido, pero su punto de fusión normal es 29,8 °C.

El modelo de TP de 18 columnas se atribuye al norteamericano Horace Groves Deming (1885–1970), que lo publicó en 1923, para los elementos conocidos entonces. Lo mínimo que suele figurar en la casilla de cada elemento en las TP actuales es su símbolo, nombre, número atómico y peso atómico, pero también se pueden incluir otras muchas propiedades (electronegatividad, estados de oxidación, configuración electrónica, etc.). Por no realizar figuras de TP excesivamente anchas, los elementos de transición interna (lantánidos y actínidos) se suelen colocar en filas debajo de la TP general. También existen versiones de TP donde ambos grupos están insertados en la propia tabla principal, con lo que queda muy alargada (32 columnas). La interpretación de estos ordenamientos está de acuerdo a las configuraciones electrónicas de los elementos, de forma que, una vez se domina la cuestión, es fácil entender qué configuración electrónica posee cada elemento (con excepciones), solo observando dónde está ubicado en la TP. En todo caso, hay multitud de propuestas creativas, menos convencionales, para la TP.

SIGNIFICADO E INTERPRETACIÓN DE LA TABLA PERIÓDICA MODERNA

Como se ha indicado, podemos considerar la TP actual como un reflejo de los resultados de la física cuántica en cuanto a la interpretación de las configuraciones electrónicas y, por ello, también nos explica con bastante precisión por qué las propiedades atómicas de los elementos varían de forma periódica con el número. Se recomienda al lector interesado que visite la página Web de la *Royal Society of Chemistry* [9], que incluye también información para descargar como app. Se incluye allí una TP interactiva donde se puede elegir una presentación convencional de los elementos (con sus símbolos) o con imágenes. En ella, se puede visualizar el estado físico de cada elemento a distintas temperaturas, se incluyen una breve historia (incluso en formato *podcast* y en vídeo) e información sobre la etimología de cada elemento y, quizá lo más interesante, se puede elegir una propiedad determinada (densidad, radio atómico, electronegatividad, energía de la primera ionización...) para apreciar de forma muy visual lo que significa la periodicidad. Otra fuente de información muy relevante sobre la TP es la que se ofrece en la Web con el título de *Webelements* [10].

Entre la infinidad de recursos existentes para explicar las propiedades periódicas de una forma atractiva para los alumnos, se comenta brevemente una experiencia ideada por el autor de este trabajo para estudiar la variación de la conductividad eléctrica. Los participantes (pueden ser varias decenas de personas)

hacen un corro dándose la mano y dos de ellos sujetan un “energy stick” (juguete científico de bajo coste), que se enciende y suena (lleva tres LEDs y un zumbador) al cerrarse el circuito (la piel “conduce” por el sudor). Se ponen, entre dos manos del corro, diversos elementos químicos en forma de objetos cotidianos (ver **figura 6**): Cu (un trozo de tubería), C (un lapicero con puntas en los dos extremos), Fe (un clavo); Au (un anillo), S (un cilindro de venta en parafarmacias para calmar el dolor de cuello). Los participantes pueden discutir la conductividad encontrada con la estructura (el profesor puede aportar modelos para distinguir entre el grafito y diamante, o de moléculas de S_8 , etc.) y posición del elemento en la TP. Es especialmente curioso realizar esta experiencia con un papel pintado con lapiceros de dos tipos: H (*hard*, mal conductor, porque aparte de grafito lleva bastante arcilla en la mina) y B (*black*, buen conductor porque tiene más grafito).

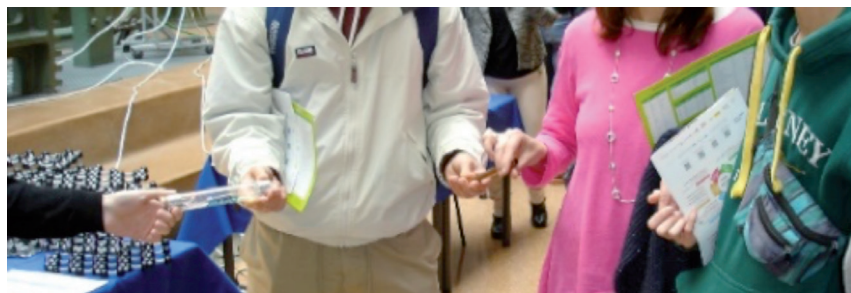


Figura 6. Detección de conductividad eléctrica de elementos químicos con un energy stick.

LA TABLA PERIÓDICA COMO ICONO CULTURAL Y FUENTE DE INSPIRACIÓN CREATIVA

Para lectores con deseos de profundizar en la TP y para recomendar su lectura a alumnos y público en general, se sugieren, aparte de los textos recogidos en la bibliografía de las referencias, dos libros: el de Oliver Sacks [11], donde explica el atractivo que le supuso la tabla periódica en su infancia, y el de Theodore Gray [12], con fotografías espectaculares sobre los elementos. El primero es ejemplo de la potencialidad de la TP como fuente de inspiración literaria. También es un icono cultural de nuestro tiempo y motivo de inspiración para otras artes, como pintura o escultura y la publicidad. Entre múltiples ejemplos que surgieron en 2019, se han seleccionado dos (**figura 7**).

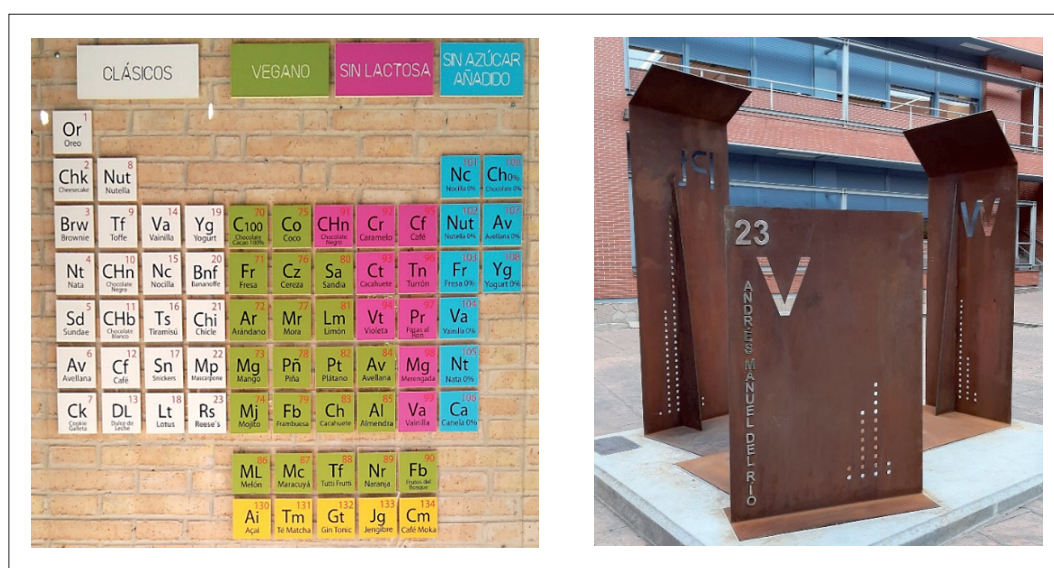


Figura 7. Izda.: Asimilación del icono de la TP a otra clasificación (helados en *The American Cream*, Alcalá 371, Madrid, 2019). Der.: Escultura “Los elementos químicos españoles”, obra de Iria Groba y Miguel Pozas (Facultad de Ciencias Químicas de la UCM, 2019).

CONCLUSIONES

La historia de la construcción de la TP es un ejemplo de cómo se desarrolla la ciencia. El resultado es apasionante; es difícil imaginar en cualquier área del saber otro esquema tan fundamentado y con tanta información útil recogida en una tabla. Este icono universal no sólo es historia; es clave para entender muchos avances y progresos en multitud de áreas, como la ciencia de los materiales, la biomedicina, etc. A lo largo de este trabajo, se han destacado algunas ideas sobre la TP que se pueden resumir en: (1) Para su comprensión y desarrollo histórico se necesita tener unas ideas básicas sobre el concepto de elemento químico, tipos de elementos y la historia de sus descubrimientos. (2) Es necesario entender la evolución histórica del conocimiento de la estructura atómica; la base de su interpretación es la química cuántica. (3) Se han conseguido importantes aportes desde las distintas etapas de la educación. (4) En sus distintas versiones, justifica la periodicidad (por número atómico) de muchas propiedades físicas y químicas de los elementos. (5) Es un importante recurso educativo y, por la implicación de tecnologías (descubrimiento de elementos), áreas (física, química, geología...) y aspectos artísticos, es excelente para el ámbito STEAM. (6) Se trata de un icono cultural del mundo contemporáneo. (7) Es fuente de inspiración para la creatividad en distintos aspectos artísticos y comerciales. (8) Es un resultado que no está terminado ni, quizá, pueda estarlo nunca, lo que puede ser especialmente instructivo para las nuevas generaciones, que apreciarán así que “siempre queda mucho por hacer” en el desarrollo científico. (9) Es una oportunidad para aprender de todo (ciencia, historia, etimología, literatura...).

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen los apoyos de la Universidad Politécnica de Madrid (proyecto de innovación educativa «Fomento del aprendizaje STEAM basado en la indagación») y de la Obra Social «La Caixa» (proyecto divulgativo «Ciencia y tecnología al alcance de tod@s»).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] PINTO, G., MARTÍN, M., CALVO, M.A., DE LA FUENTE, A. (2019) Año Internacional de la Tabla Periódica (2019): Una Oportunidad para Abordar Contextos de Didáctica e Historia de la Física y la Química. *Revista Española de Física*, 33(1), 10-18.
- [2] PINTO, G. (2019) Editorial: Número Monográfico sobre el Año Internacional de la Tabla Periódica. *Anales de Química*, 115(2), 54-55.
- [3] PINTO, G., PROLONGO, M. (2019) Algunas Aportaciones al Año Internacional de la Tabla Periódica desde España. *Educació Química*, 25, 6-9.
- [4] PINTO, G. (2019) El Concurso Escolar “Nuestra Tabla Periódica”: Una Iniciativa para Fomentar la Motivación de Profesorado y Alumnado en Áreas STEAM, *Anales de Química*, 115(4), 332-343.
- [5] PINTO, G. (2019) La Tabla Periódica como Recurso Imprescindible para el Aprendizaje y la Divulgación de las Ciencias. *Educación en la Química*, 25(2), 17-52.
- [6] PINTO, G. (2020) Iniciativas del Ayuntamiento de Madrid para Resaltar la Labor de Andrés Manuel del Río, el Madrileño que Descubrió el Vanadio. *Anales de Química*, 116(1), 38-42.
- [7] PINTO, G., MARTÍN, M., PROLONGO, M. (2020) El Año Internacional de la Tabla Periódica desde la Filatelia: Implicaciones Didácticas y Divulgativas. *Anales de Química*, 116(3), 164-172.
- [8] PINTO, G. (2021) Del Río, Descubridor del Eritronio, Hoy Vanadio. *Revista Con Ciencias Digital*, 26, 4-25.

- [9] ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY (2021) Periodic Table. [En línea], disponible en <http://www.rsc.org/periodic-table/> [Consultado el 18/07/2021].
- [10] WINTER, M. (2021) *Webelements: The periodic table on the WWW*. [En línea], disponible en <https://www.webelements.com/> [Consultado el 18/07/2021].
- [11] SACKS, O. (2006) *El tío Tungsteno: Recuerdos de un químico precoz*, Madrid, Anagrama.
- [12] GRAY, T. (2009) *The elements: A visual exploration of every known atom in the universe*, Nueva York, Black Dog & Leventhal. Con información complementaria (imágenes, vídeos, etc.) en: <https://bit.ly/36OJlBy> [Consultado el 18/07/2021].

BIOEXPEDICIÓN CHACEL

David Rosa Novalbos¹, María Mercedes Martínez-Aznar²

¹ IES Rosa Chacel. C/ Huertas, 68 – 28770 Colmenar Viejo. Madrid (España). drosa@iesrosachacel.org

² Facultad de Educación – Centro de Formación del Profesorado. Universidad Complutense de Madrid. C/ Rector Royo Villanova, s/n. - 28040 Madrid (España). mtzaznar@ucm.es

Dirección de correspondencia: darrosanov@yahoo.es

Palabras clave: medio natural del centro educativo; ruta guiada; biología y geología; aprendizaje basado en proyectos; grupos cooperativos; rol activo del alumnado.

Keywords: school environment; guided route; biology and geology; project-based learning; cooperative groups; student active role.

Resumen

La “Bioexpedición Chacel” es un proyecto para crear una ruta por el medio natural del centro educativo que trabaje los contenidos de la asignatura de Biología y Geología investigando el entorno. Se emplea una metodología de aprendizaje basado en proyectos con el trabajo cooperativo de los estudiantes. El producto está dirigido a las familias visitantes durante la fiesta principal del instituto. La evaluación del proyecto permite concluir su utilidad metodológica, formativa y educativa, ya que favorece el tratamiento de los contenidos, el desarrollo de competencias científicas y digitales, motiva al alumnado y es de fácil transferencia a otros cursos y centros.

Abstract

“Bioexpedition Chacel” is a route-based project within the school to work on the content knowledge of biology and geology by researching its environment. The methodology used is that of project-based learning, which focuses on cooperative groups. The presented product is aimed at school community families to hold the main celebration of the school. The assessment of the project allows us to conclude that this formative and educational methodology is helpful to favour the treatment of the contents, the development of both scientific and digital competences, which, in turn, motivates the students. This project is easily transferable to other students and other schools.

INTRODUCCIÓN

La “Bioexpedición Chacel” es un proyecto para el desarrollo de una ruta o expedición por el interior del recinto del instituto para observar y estudiar el medio natural cercano.

El presente estudio surge de la inquietud del profesor-investigador de seguir las sugerencias internacionales y abordar una metodología indagativa para el desarrollo de las clases [1,2] y mejorar la calidad de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia y el interés del alumnado [3]. La intención es trascender el modelo expositivo e involucrar al alumnado en la gestión activa de su propio aprendizaje.

La creación de la Bioexpedición Chacel se trata de un proyecto, como metodología indagativa, para el aprendizaje de los contenidos curriculares de la asignatura de Biología y Geología. La pregunta guía del proyecto era: ¿Cómo se puede contribuir a conocer y comprender los principales contenidos relacionados con el medio natural del instituto? Para ello se trabajó con una metodología de aprendizaje basado en proyectos mediante grupos cooperativos de alumnos, utilizando las TIC para la creación de recursos digitales con los que finalmente debían prepararse para comunicar sus resultados a las familias asistentes a la fiesta principal del instituto.

El trabajo por proyectos adoptado en este trabajo se encuentra entre los enfoques indagativos (en inglés *Inquiry-Based Science Education, IBSE*). Al igual que cualquier planteamiento de esta naturaleza, se enfrenta al alumnado con un reto, no superable con la información y conocimiento que posee el alumnado, y para cuya resolución y elaboración del producto final, un *padlet*, necesitan plantear y desarrollar estrategias indagativas y construir nuevos conocimientos.

Estos enfoques implican, necesariamente, estimular el trabajo cooperativo, dejar de lado la enseñanza mecánica y memorística para centrarse en un trabajo más retador y complejo con un planteamiento interdisciplinar [4,5].

Este trabajo cooperativo, además de abordar los contenidos curriculares de la asignatura, conlleva el desarrollo de dimensiones competenciales TIC relacionadas con el tratamiento de la información y la competencia digital [6]:

“Esta competencia consiste en disponer de habilidades para buscar, obtener, procesar y comunicar información, y para transformarla en conocimiento. Incorpora diferentes habilidades, que van desde el acceso a la información hasta su transmisión en distintos soportes una vez tratada, incluyendo la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación como elemento esencial para informarse, aprender y comunicarse. [...] permite procesar y gestionar adecuadamente información abundante y compleja, resolver problemas reales, tomar decisiones, trabajar en entornos colaborativos ampliando los entornos de comunicación para participar en comunidades de aprendizaje formales e informales, y generar producciones responsables y creativas.”

Esta competencia refleja la relevancia que a nivel educativo suponen las TIC como soportes para el almacenamiento, la transmisión y la inmediata disponibilidad de la información y su importancia por facilitar el aprendizaje efectivo y la comprensión de conceptos [7-9] e incrementar la motivación de los estudiantes [10,11].

Esta experiencia se realizó en el IES Rosa Chacel de Colmenar Viejo (Madrid) un Instituto de Educación Secundaria público de la Comunidad de Madrid que forma parte de los 15 institutos que desarrollan un proyecto institucional denominado Institutos de Innovación Tecnológica (IIT). Este proyecto dota a estos centros con Aulas Tecnológicas-Aulas IIT (**Figura 1**) y abundantes recursos digitales (ordenadores, pizarras digitales y conexión a Internet) cuyo objetivo principal es favorecer el aprendizaje del alumnado mediante el uso de las TIC. En este sentido el proyecto Bioexpedición Chacel no ha tenido dificultades tecnológicas para llevarse a cabo.



Figura 1. Aulas tecnológicas del Proyecto de Institutos de Innovación Tecnológica (Aulas IIT).

OBJETIVOS

Describir la Bioexpedición Chacel como un recurso educativo de interés para implementar los contenidos de Biología y Geología a través del aprendizaje basado en proyectos cooperativos y desarrollando competencias científicas y digitales.

Los objetivos específicos son:

- Crear una ruta guiada por el interior del instituto con un recurso digital asociado.
- Trabajar con los alumnos contenidos de Biología y Geología en el medio natural.
- Realizar una salida de campo de una sesión de clase.
- Dar valor a nuestro entorno haciendo Educación Ambiental.

METODOLOGÍA

La propuesta de este estudio surge de la intención del profesor-investigador de dar al alumnado un rol más activo como gestor de su propio aprendizaje. Para ello se utilizó una metodología de aprendizaje basado en proyectos mediante el trabajo cooperativo de alumnos y el empleo de las TIC para la creación de un recorrido virtual que sirviese para la preparación y realización final de la Bioexpedición Chacel, una ruta guiada por los estudiantes por el entorno natural del centro educativo que está dirigida a las familias visitantes durante la fiesta principal del instituto.

Esta experiencia está orientada a la transformación de la realidad educativa desde la propia realidad, es decir, asume el método de la investigación-acción. Se trata de un estudio cualitativo de tipo descriptivo con un diseño de estudio de caso [12].

El rol de los estudiantes, por tanto, es un rol activo en el que cada bloque de contenidos es trabajado de forma compartida entre los correspondientes subgrupos de cada grupo-aula. Trabajan de forma cooperativa entre equipos para buscar, investigar, tratar la información y crear su recurso digital para entender mejor los contenidos trabajados.

El profesor tiene un rol de guía-facilitador y en su aula realiza una labor de andamiaje, es decir, durante toda la fase de trabajo del alumnado y la creación de sus productos, el profesorado establece plazos de entrega y aporta normas básicas para las presentaciones digitales, orienta a los alumnos cuando les surgen dificultades, propone ideas, recoge sugerencias, destaca producciones de los grupos de utilidad para los demás y supervisa el avance de los diferentes grupos.

MUESTRA

La metodología didáctica propuesta en este estudio se implementa con 2 grupos intactos de alumnos de 1º de Bachillerato del curso académico 2018-2019 en el IES Rosa Chacel de Colmenar Viejo (Madrid, España). En total participaron 2 profesores y 40 estudiantes, de entre 16 y 17 años, con 8 subgrupos cooperativos en cada grupo-aula.

CONTENIDOS

Los contenidos que se tratan en la Bioexpedición Chacel están relacionados con botánica, ecología, geología, claves dicotómicas, control de la erosión, jardinería, invernadero, etc. y se finaliza en el laboratorio de biología y geología mostrando investigaciones realizadas durante el curso y observando algunos elementos recogidos durante la ruta. Estos contenidos se organizan en la siguiente ruta de ocho paradas que se puede observar sobre el plano del instituto (**Figura 2**):

- Parada 1. ÁRBOLES: Tipos de árboles, Claves dicotómicas, Arbolapp [13], etc.
- Parada 2. CADENAS TRÓFICAS: Cadenas tróficas, Redes Tróficas, Plagas, etc.
- Parada 3. ARBORETO Y RELIEVE: Arboreto "Juan García", Erosión, Transporte, Sedimentación, etc.

Figura 2. Plano e itinerario de la Bioexpedición Chacel para su impresión en papel.

- Parada 4. TALUD: “Malas hierbas”, Talud, Control de la erosión, etc.
- Parada 5. INVERNADERO: Labores en el invernadero y su jardín, Botánica Aplicada, etc.
- Parada 6. INTERRELACIONES: Simbiosis, Líquenes, Leguminosas (*Diplotaxis muralis*), asociaciones entre especies, etc.
- Parada 7. JARDÍN: Plantas, Ecosistema antrópico, etc.
- Parada 8. LABORATORIO: Observación a la lupa de muestras recogidas, Observación al microscopio de muestras microscópicas, Cromatografía de pigmentos fotosintéticos, etc.



SECUENCIA DE ACTUACIONES

La metodología didáctica propuesta en este estudio se implementa durante la 2ª y 3ª evaluación del curso académico 2018-2019 en el IES Rosa Chacel de Colmenar Viejo (Madrid). Esta secuencia de actuaciones constaba de 3 fases:

- 1ª Fase: Bioexpedición con los estudiantes (**Figura 3**). 2 sesiones para la realización de la expedición guiada por el profesor. El proyecto comienza con cada profesor en su grupo-aula dando inicio al trabajo cooperativo de los subgrupos. Se asignan las “paradas” a cada subgrupo de cada clase.
- 2ª Fase: Investigación y creación de recursos digitales (**Figura 4**). 1 sesión de clase semanal durante un mes donde se realizan las tareas digitales en las Aulas Tecnológicas para la construcción del recorrido virtual y de un Padlet como producto final que integra todos los recursos digitales creados durante el proyecto.
- 3ª Fase: Difusión del proyecto. Los alumnos exponen sus conocimientos durante la Fiesta “Zerca y Lejos”, la fiesta más importante del instituto.



Figura 3. Bioexpedición Chacel por el entorno del instituto.



Figura 4. Trabajo en grupos cooperativos en las aulas tecnológicas (IIT).

RESULTADOS

El producto final es el padlet de la Bioexpedición Chacel, es decir, un recurso digital con la dirección web: <https://padlet.com/darosanov/BIOEXPEDICIONCHACEL> y con código QR (**Figura 5**):



Figura 5. Código QR del padlet de la Bioexpedición Chacel.

Esta página web (**Figura 6**) está configurada por los diferentes recursos creados por los estudiantes y todo el conjunto de actuaciones realizadas como el cartel de presentación, las tarjetas de los bioexpedicionarios y, principalmente, el recorrido virtual.



Figura 6. Imagen del padlet de la Bioexpedición Chacel.

Este *padlet* permite preparar el itinerario para realizarlo de forma:

- Física con los estudiantes.
- Virtual visitando el recorrido virtual (**Figura 7**).
- Integrada (física y virtual) con dispositivos digitales móviles durante la ruta.

La presentación oficial en sociedad de la Bioexpedición Chacel se produjo en la Fiesta “Zerca y Lejos” el sábado 11 de mayo de 2019. Esta fiesta es la más importante del IES

Rosa Chacel cuyo objetivo principal es la recaudación de fondos para la Escuela Infantil Ngom Ebae de Djoum (Camerún, África) con la que está hermanado este instituto (**Figura 8**).

El resultado fue muy positivo y enriquecedor para las familias que asistieron y los alumnos-guía voluntarios. Se llegaron a realizar 10 recorridos con pequeños grupos de entre 10 y 12 asistentes y participaron 30 estudiantes como guías voluntarios, muy satisfactorio para realizarse en sábado y recordando que la muestra tenía un total de 40 estudiantes. Durante estas rutas guiadas los estudiantes explican a los asistentes sus investigaciones y conocimientos adquiridos sobre el entorno natural del



Figura 7. Código QR del recorrido virtual.



Figura 6. Familias y alumnos voluntarios durante la visita de la Bioexpedición Chacel en la Fiesta Zerca y Lejos.

instituto. El recorrido finaliza en el laboratorio de biología y geología donde muestran a las familias algunos de los experimentos realizados a lo largo del curso y les ayudan a observar a la lupa y al microscopio algunas de las estructuras biológicas recogidas durante la ruta guiada.

También a lo largo del desarrollo del proyecto han surgido algunos problemas como:

- Los ajustados tiempos para el desarrollo del proyecto.
- Los errores en la comprensión de conceptos.
- Los tiempos de los alumnos, que no siempre se ajustan a las previsiones.
- El diferente grado de implicación de los grupos de alumnos participantes.

En general, los resultados obtenidos se consideran adecuados y positivos para valorar de forma afirmativa que el desarrollo del proyecto tiene utilidad para alcanzar los objetivos:

- La creatividad y originalidad de los recursos creados.
- La buena colaboración entre profesores y alumnos.
- El correcto desarrollo de competencias científicas, digitales y comunicativas.

CONCLUSIONES

Todo el proceso de diseño, salida de campo, creación, trabajo en equipo y participación en dicha fiesta convierten a la Bioexpedición Chacel en un recurso educativo muy motivador para el alumnado, además de interesante, creativo y útil debido a que:

- Emplea las TIC y una metodología basada en proyectos, es decir, una metodología indagativa que favorece el tratamiento de contenidos de la asignatura de Biología y Geología y que además potencia el desarrollo de competencias digitales, ya que son los alumnos quienes construyen los recursos digitales supervisados por el profesor.
- Puede seguir creciendo con más contenidos y recursos, realizando la salida de campo en las diferentes estaciones del año para registrar las diferencias en el medio natural.
- Se considera una idea que puede ser adaptada por otros profesores a diferentes tipos de centros y niveles educativos.

Esta experiencia refleja perfectamente la implementación de metodologías docentes que incorporan un uso de las tecnologías digitales a la vez que promueven un aprendizaje significativo y contextualizado, ya que la investigación también forma parte de este proyecto. Además, se trabaja y se fomenta el aprendizaje colaborativo y cooperativo. Todo ello permite afirmar que se están trabajando distintas competencias del currículo.

Los resultados permiten concluir que las dificultades en la metodología se encuentran en la motivación y esfuerzo del propio alumnado, y no tanto en las competencias que se practican y desarrollan. Además, con este proyecto se varía la metodología en el aula para evitar el aburrimiento y se desarrolla y mejora la práctica docente en esta metodología de aprendizaje basado en proyectos.

La evaluación de los resultados confirma la utilidad metodológica, formativa y educativa del proyecto, lo que permite concluir que favorece el tratamiento de los contenidos, el desarrollo de competencias científicas y digitales, motiva al alumnado y es de fácil transferencia a otros cursos y centros educativos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] European Commision. 2007. *Science Education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels.
- [2] ABD-EL KHALICK, F., BOUJAOUDE, S., DUSCHL, R., LEDERMAN, N.G., MAMLOK-NAAMAN, R., HOFSTEIN, A., NIAZ, M., TREAGUST, D., TUAN, H. 2004. Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*, 99, 397-419.

- [3] PRINCE, M., FELDER, R.M. 2006. Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95 (2), 13-138.
- [4] ANDERMAN, L.H., MIDGLEY, C. 1998. *Motivation and middle school students [ERIC digest]*. Champaign, IL: ERIC Clearinghouse on Elementary and Early Childhood Education.
- [5] LUMSDEN, L.S. 1994. *Student motivation to learn (ERIC Digest No. 92)*, Eugene, OR: ERIC Clearinghouse on Educational Management.
- [6] MEC, R.D. 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria, 688.
- [7] OTIENO, D., CHISIKWA, F., ATIENO, M. 2013. Attitude of teachers and students towards use of information and communication technology in the implementation of biology curriculum in selected secondary schools. *Research Journal in Organizational Psychology & Educational Studies*, 2 (3), 76-83.
- [8] ŠORGO, A., VERČKOVNIK, T., KOCIJANČIČ, S. 2010. Information and Communication Technologies (ICT) in Biology Teaching in Slovenian Secondary Schools. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6 (1), 37-46.
- [9] VAN ROOY, W.S. 2012. Using information and communication technology (ICT) to the maximum: learning and teaching biology with limited digital technologies. *Research in Science & Technological Education*, 30 (1), 65-80.
- [10] HAUNSEL, P.B., HILL, R.S. 1989. The microcomputer and achievement and attitudes in high school biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 543-549.
- [11] KUBIATKO, M., HALÁKOVÁ, Z. 2009. Slovak high school students' attitudes to ICT using in biology lesson. *Computers in Human Behaviour*, 25 (3), 743-748.
- [12] RODRÍGUEZ, G., GIL, J., GARCÍA, E. 1999. *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Ediciones Aljibe, S.L.
- [13] Real Jardín Botánico (CSIC). 2014. *Arbolapp*. Real Jardín Botánico (CSIC). Recuperado de <http://www.arbolapp.es/>

THE UNIVERSE EXPLORERS. UN PROYECTO STEAM CENTRADO EN BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA DE 1ºESO

Noelia Sánchez Sánchez

IES San Agustín de Guadalix, Madrid

Dirección de correspondencia: biosanagus@gmail.com

Palabras clave: biología y geología 1ºESO; gamificación; ABP; aprendizaje cooperativo; STEAM.

Keywords: 1st ESO biology and geology; gamification; PBL; cooperative learning; STEAM.

Resumen

The Universe Explorers es un proyecto STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) que engloba la totalidad de los contenidos curriculares de la materia de Biology and Geology 1ºESO. En el aula, los alumnos/as trabajan en grupos cooperativos para desarrollar los contenidos en formato ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos) cooperativo y con un fondo de gamificación.

El enfoque práctico y multidisciplinar que aporta el STEAM ha aumentado el interés por la materia y conseguido que el alumnado tenga una idea global y conectada de los contenidos de la asignatura: las bases de la vida, sus características principales y sus componentes desde el nivel celular hasta el de ecosfera.

Abstract

The Universe Explorers is a STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) project which includes every 1st ESO Biology and Geology topic. Lessons rely on a gamification strategy that provides the background for cooperative work inside a PBL (Project Based Learning).

The STEAM approach has improved scholars' commitment and it has enabled students to achieve a global idea about most of the contents: life foundations, main life features and their building blocks from cellular level till the ecosphere.

INTRODUCCIÓN

The Universe Explorers se centra en los contenidos de la asignatura de Biología y Geología de 1ºESO para Sección bilingüe en inglés. Es un proyecto STEAM que se desarrolla a lo largo de todo un curso escolar con el fin de crear un espacio físico y una atmósfera de aprendizaje multidisciplinar, creativa y con aplicabilidad. Esto permite desarrollar otras competencias, aparte de la científico-tecnológica, como: aprender a aprender, lingüística, digital, y cívica. A lo largo del curso los alumnos/as serán exploradores de planetas e ingenieros genéticos, creando planetas, sistemas solares, células, organismos pluricelulares y por último un ecosistema.

Este trabajo comenzó como una necesidad de mejorar la implicación del alumnado y también con el deseo de permitir que los estudiantes puedan aprender y trabajar acorde a sus diferentes potenciales. Para ello el proceso de enseñanza-aprendizaje está sustentado y se desarrolla a través de los diferentes niveles pedagógicos de Bloom (BLOOM et al., 1956) [1, 3]. Por otra parte, las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) y la narrativa son herramientas básicas y esenciales que permiten crear la atmósfera motivadora que se busca y que, a su vez, potencian la creatividad.

El currículo de la asignatura de Biología y Geología de 1ºESO es extenso y muy diverso. Abarca desde el origen del Universo; capas y características físico-químicas de nuestro planeta; biodiversidad; etc., hasta medioambiente y ecosistemas. Así mismo, según el RD 1105 20/14 [4], es preceptivo que los alumnos/as realicen un proyecto de investigación en equipo que les permita desarrollar las habilidades, destrezas y estrategias del método científico.

Todas estas variables provocan que la asignatura sea difícil de abarcar para el docente y complicada de entender para el alumnado. Si sumamos a esto la utilización por parte del profesor/a de una metodología pasiva, en la que los alumnos/as no tienen un papel activo y son meros receptores de información, el proceso de aprendizaje termina derivando en una memorización frágil de contenidos, por parte de los estudiantes, sin que exista aprendizaje significativo que permita hilar y conectar todos y cada uno de los temas tratados en cada trimestre [5].

La metodología STEM es un enfoque multidisciplinar que combina teoría con ejemplos prácticos, reales y cercanos al alumnado gracias al uso combinado de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas [6]. Añadiendo “las artes” a STEM obtenemos [7]. Sumando creatividad e innovación a la ecuación [8].

Partiendo de la base de que Biología y Geología de 1ºESO es una asignatura que alberga diversas ramas científicas, con base matemática y que promueve y facilita el uso de la tecnología y la creatividad, se apostó por utilizar el enfoque STEAM con el objetivo de hacer más interesante y atractiva la asignatura para los alumno/as.

OBJETIVOS

Nuestro principal objetivo está enfocado a lograr que el alumnado de 1ºESO alcance un verdadero aprendizaje significativo e integrado de la materia de Biología y Geología a través del enfoque STEAM y la utilización de una metodología activa y participativa. Este objetivo se puede desglosar en:

- Crear un ambiente en el que los alumnos/as se sumerjan en una atmósfera que aumente su motivación e interés.
- Fomentar las ciencias a través de la creatividad y las aplicaciones prácticas [9].
- Impulsar una enseñanza participativa centrada en el aprendizaje dirigido, trabajo cooperativo, ABP [10] y gamificación, técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo [11].
- Facilitar que el alumnado adquiera las competencias clave para su aprendizaje.
- Hacer un uso didáctico de los medios tecnológicos [12].

Como objetivo final perseguimos la elaboración de un portfolio mixto analógico y digital que mostrará un sistema planetario con un planeta con vida pluricelular en equilibrio ecológico.

METODOLOGÍA

El proyecto se llevó a cabo utilizando una estrategia de trabajo que presenta diferentes tipos de actividades basadas y estructuradas según la taxonomía de Bloom y orientadas según las inteligencias múltiples de Gardner [13].

Los principios básicos que cimentan todo el trabajo son:

- La implicación del alumno/a en su proceso de aprendizaje, incluida la evaluación del mismo.
- La motivación por el aprendizaje.
- La utilización de estrategias de trabajo cooperativo.
- La resolución de problemas.
- El aprendizaje práctico.
- El desarrollo de la creatividad.
- El manejo de las TIC como herramientas de trabajo.

El eje vertebrador del aprendizaje está formado por los contenidos de la asignatura de Biología y Geología lo que da pie a poder desarrollar un trabajo transversal con otras asignaturas como:

- Matemáticas (distancia, tamaño, volumen, temperatura...).
- Tecnología (uso de apps, realización y edición de vídeo y podcast).
- Arte (diseños, dibujos y maquetas).
- Inglés (redacción, comunicación entre compañeros, debate, toma de decisiones y presentaciones orales).

A su vez, la secuencia de trabajo, actividades y herramientas digitales queda “envuelta y embellecida” por una narrativa que tiene dos objetivos: por un lado, atraer al alumnado por otro, conseguir hilar de manera organizada y lógica toda la secuencia del proceso de aprendizaje.

Nuestra narrativa se basa en la ciencia ficción y el espacio: los estudiantes comienzan su aventura como cadetes de la Academia Interestelar dentro de la nave The Odysseyus. Allí deberán superar tres misiones (figura 1):

1. Academy graduation. Tras finalizar esta primera misión los alumnos/as promocionan a ingenieros técnicos.
2. Genetic Engineering lab. En esta misión son asignados al proyecto de ingeniería genética dentro del departamento de exobiología.
3. Pioneers. Finalmente son ascendidos a jefes de investigación y asignados al prestigioso proyecto “The Universe Explorers” en búsqueda de nuevas formas de vida en otros planetas.

Una vez superada la última misión los alumnos/as conseguirán el rango de General de la nave y obtendrán el título de Universe Explorers o Exploradores del Universo.

SECUENCIA DEL PROYECTO

Cada trimestre es una misión (figura 1) dividida a su vez en niveles. En cada nivel se proponen diferentes retos. La superación de cada reto y misión permitirá que al término de la aventura espacial los estudiantes consigan convertirse en Exploradores del Universo.



Figura 1. Misiones del proyecto de 1ºESO The Universe Explorers.

MISIÓN I “ACADEMY GRADUATION”

1.1 Designing a planet

Haciendo uso del aprendizaje cooperativo [14], se divide a los estudiantes en 8 grupos de expertos (GE). Cada grupo investiga y rellena una ficha de trabajo sobre uno de los planetas del Sistema Solar, con lo que al finalizar se obtienen 8 fichas.

Ahora se reestructura a los alumnos/as en grupos nodriza (GN), los GN está compuesto por un miembro de cada GE. Primero comparten la información sobre cada planeta para más tarde resumirla y presentarla en un artefacto digital: un mapa mental o una infografía. Y preparar una actividad de repaso de contenidos con Educaplay. Utilizando esta forma de trabajo conseguimos que entiendan y asimilen la información sobre el Sistema Solar y los principales planteas.

Ahora es momento para la creatividad. Cada alumno/a regresa a su GE con la finalidad de diseñar y crear un planeta. Para ello cuentan con la guía de una ficha (figura 2) que les permitirá no olvidar ninguno de los principales contenidos que se han ido tratando a lo largo de esta primera unidad.

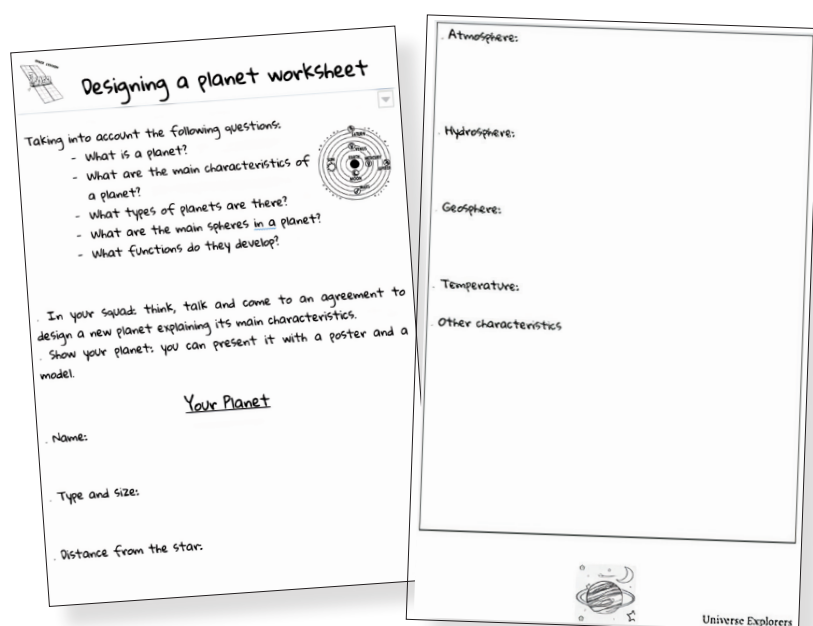


Figura 2. Ficha de trabajo para comenzar a diseñar un planeta.

Una vez finalizado el proceso de diseño del nuevo planeta, la información de sus características queda recogida con dos productos artístico: un póster o lapbook y una maqueta del planeta.

Es momento de poner en común las características del planeta diseñado por cada GE: The Odysseus albergará el I Congreso Interestelar sobre nuevos Sistemas Planetarios. Lo que se traduce en que cada GE realiza una presentación describiendo las características físico-químicas de su planeta mientras el resto de grupos tomará notas y realizará preguntas que puedan esclarecer sus dudas.

Comienzan pequeños debates en cada GE para decidir el orden ideal de los planetas del nuevo sistema planetario utilizando la información de las fichas y los apuntes de las presentaciones. Cada GE decide el orden del sistema planetario y en una jornada de discusión y compartir puntos de vista la clase entera considera cómo deben estar organizados los 8 nuevos planetas en este sistema planetario inventado.

1.2 Designing a Solar System

Como resultado el aula se decorará con los pósters y con la recreación del sistema planetario gracias a las maquetas (figura 3).

Terminamos esta primera aventura espacial de vuelta a los GN donde discutirán qué planeta debería ser el que albergara vida y por qué. Con las adecuadas justificaciones (rocoso, distancia media a la estrella, atmósfera con ozono y efecto invernadero, hidrosfera líquida) expondrán su decisión al resto de GN y finalmente se consensuará cuál será el planeta del sistema que desarrollará seres vivos.

1.3 Becoming alive

Nos encontramos en la última aventura de la primera misión. Para ello se tratan las unidades didácticas centradas en las características comunes a todos los seres vivos y en los diferentes tipos de células. La metodología principal es la clase invertida [15, 17] unida a la utilización de fichas visuales para trabajar en el aula.



Figura 3. Ejemplo de sistema planetario creado por una clase de 1ºESO.Universe Explorers.

En grupos colaborativos de 4 alumnos/as se les pide que diseñen una célula pero primero se les proponen preguntas cómo las siguientes:

- ¿características básicas de cualquier célula?
- ¿qué es o para qué sirve un orgánulo?
- ¿cómo se mueven las células?
- ¿cómo se nutren las células?
- ¿hay seres formados por una sola célula?

A partir de la lluvia de ideas dentro de cada grupo, y junto con las características del planeta con vida, cada grupo diseña una célula.

Una vez recogidas las principales características de su célula es el momento del arte: deben dibujarla y más tarde grabar un vídeo explicativo de las orgánulos y funciones del nuevo ser vivo unicelular.

MISIÓN 2 “GENETIC ENGINEERING LAB”

2.1 Designing life forms

Durante el II Congreso Interestelar a bordo de la nave The Odysseus se mostrarán los vídeos creados por cada grupo y se decidirá qué célula podría, por sus características, formar parte de organismo pluricelulares. También se expondrán pósters explicativos de cada célula que servirán para decorar el aula.

De entre todas las células diseñadas se elegirán dos de ellas. Estas dos células sentarán las bases de los futuros organismos pluricelulares que habitarán el planeta.

2.2 Matrician explosion

En GE se investigarán las funciones vitales de los principales grupos de seres vivos: bacterias, protozoos, algas, hongos, plantas y animales. Con la información recogida se crearán murales digitales.

Reorganizados en GN comienzan a resumir y recopilar la información de los murales digitales y crearán un Quizizz de repaso de las características de los principales grupos de seres vivos. Después deberán diseñar seres vivos basados en las células seleccionadas y en el planeta (dos seres vivos por cada GN). Entre todos los seres vivos creados debemos encontrar al menos uno de cada nivel trófico.

Se explica cada ser vivo a través de una presentación interactiva y se decide entre toda la clase cómo debería ser la red trófica que los conectará a todos (**figura 4**).



Figura 4. Ejemplo de red trófica creada por una clase de 1ºESO.

2.3 First contact

Ahora es el turno de explorar nuevos mundos. En los GN cada estudiante se encargará de recabar y resumir toda la información creada hasta el momento: sistema planetario, células, seres pluricelulares y ecosistema. La información se “encriptará” únicamente en formato de documento de texto y esquemas, carecerá de imágenes, vídeos o audios.

Los dossiers se entregarán a la Capitana de la nave para que pueda enviarlos en una sonda a la zona de espacio desconocida.

MISIÓN 3 “PIONEERS”

Durante la última misión se trabajará en grupos colaborativos.

3.1 Biosphere

Cada grupo de clase recibirá parte del dossier de otro centro escolar; así se centrarán en diferentes aspectos:

- Los grupos que trabajen con la información de los planetas y del sistema planetario deberán recrear en una maqueta dicho sistema. Más tarde grabarán un vídeo describiendo las principales características del sistema solar alienígena.
- Aquellos grupos que se centren en la biodiversidad del planeta alienígena que tiene vida, plasmarán la información obtenida a través de diseños gráficos, infografías y vídeos explicativos.

3.2 Alien world

En este punto de la aventura, nuestra nave mandará los productos creados a la nave alienígena y, a su vez, recibirá los artefactos digitales creados por los alienígenas sobre nuestro sistema planetario.

3.3 End of the quest

Se celebrará un gran simposio entre ambas razas alienígenas donde se expondrán todos los productos creados, habrá espacio para charlas, debates y valoración del proyecto.

CONCLUSIONES

Durante los 4 cursos que se ha llevado a cabo el proyecto, el alumnado siempre lo ha valorado muy positivamente, tanto es así que en años posteriores siguen recordando lo trabajado y las actividades realizadas. Por lo que podemos afirmar que hemos logrado que los estudiantes desarrollen aprendizaje significativo que les es útil en cursos sucesivos.

Gracias al enfoque STEAM y a la utilización de diferentes estrategias y metodologías: clase invertida, ABP, cooperativo, investigación, gamificación y storytelling; creemos que este proyecto permite que todo el alumnado se involucre, se sienta participe, esté motivado a lo largo de todo el curso y pueda desarrollar el proceso de aprendizaje según las diferentes necesidades y ritmos.

Este tipo de proyectos demuestran que otro modo de enseñar es posible y necesario, pero para ello son necesarios una serie de factores:

- La colaboración entre diferentes materias.
- Actividades de investigación cercanas y con aplicación práctica.
- Alentar la creatividad en el aula.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BLOOM, B.S., KRATHWOHL, D. R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, by a committee of college and university examiners*. Handbook I: Cognitive Domain. NY, Longmans Green.
- [2] ANDERSON, L.W., D. KRATHWOHL (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York, Longman.
- [3] CHURCHES, A. (2007). *Educational origami, Bloom's and ICT tools*. [En línea] <http://edorigami.wikispaces.com/Bloom's+and+ICT+tools>.
- [4] RD 1105 2014 por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato BOE 03/01/2015.
- [5] ACKOFF, R., GREENBERG, D. (2008). *Turning learning right side up: putting education back on track*. New Jersey, Editorial Prentice Hall.
- [6] TSUPROS, N., KOHLER, R., HALLINEN, J. (2009). *STEM education: A project to identify the missing components*. Intermediate Unit 1: Center for STEM Education and Leonard Gelfand Center for Service Learning and Outreach, Carnegie Mellon University, Pennsylvania.
- [7] LIAO, C. (2016). From interdisciplinary to transdisciplinary: An arts-integrated approach to STEAM education. *Art Education*, 69(6), 44–49.
- [8] ROLLING Jr., J. H. (2016). Reinventing the STEAM engine for art+ design education. *Art Education*, 69(4), 4–7.
- [9] FORÉS MIRAVALLS, A., LIGIOZ VÁZQUEZ, M. (2014). *Descubrir la neurodidáctica. Aprender desde, en y para la vida*. Barcelona, Editorial UOC, p. 454.
- [10] VERGARA RAMÍREZ, J.J. (2016). *Aprendo porque quiero. El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), paso a paso*. Madrid, Editorial SM, p. 223.
- [11] RODRÍGUEZ, F.Y SANTIAGO, R. (2015). *Gamificación: cómo motivar a tu alumnado y mejorar el clima en el aula*. Madrid, Editorial Digital Text, p. 250.
- [12] LÓPEZ SIMÓ, V., COUSO LAGARÓN, D., SIMARRO RODRÍGUEZ, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia*. [En línea] <https://doi.org/10.6018/red.410011>.

- [13] GARDNER, H. (2003). *La inteligencia reformulada: las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Barcelona, Editorial Paidós.
- [14] ZARIQUIEY BIONDI, F. (2016). *Cooperar para aprender. Transformar el aula en una red de aprendizaje cooperativo*. Madrid, Editorial S.M.
- [15] BERGMANN, J., SAMS, A. (2012). *Flip your classroom: reach every student in every class every day*. USA, Editorial International Society for Technology in Education, p. 100.
- [16] GERSTEIN, J. (2012). The flipped classroom: the full picture. USA, publicado por Amazon, p. 87.
- [17] TOURÓN, J., SANTIAGO, R., DÍEZ, A. (2014). *The flipped classroom: cómo convertir la escuela en un espacio de aprendizaje*. Madrid, Editorial Digital Text, p. 155.

LA BIOLOGÍA HUMANA COMO ESTRATEGIA PARA LA EDUCACIÓN EN LA DIVERSIDAD: UNA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL AULA PARA ENSEÑAR A ENTENDER LA VARIABILIDAD CORPORAL Y A AFRONTAR LOS CONTEXTOS OBESOGÉNICOS Y DISCURSOS OBESOFÓBICOS

Rafael Tomás Cardoso PhD

Profesor Universidad Europea de Madrid / Colaborador Universidad Autónoma de Madrid – Unidad Docente de Antropología Física / Grupo de Investigación CTS-I I2 “Antropología Biológica”. Universidad de Granada. C/ Darwin, s.n. Facultad de Ciencias (Edificio de Biología).

Dirección de correspondencia: rafa.antropo@gmail.com

Palabras clave: obesidad; ambientes obesogénicos; obesofobia; educación para la salud; variabilidad biológica humana.

Keywords: obesity; obesogenic environments; obesophobia; health promotion; human biological variability.

Resumen

La importancia de la construcción de la identidad y la autoimagen corporal durante la pubertad y adolescencia, junto con los riesgos de los conflictos afectivos vinculados a estas vivencias (entre los que destacan los trastornos del comportamiento alimentario), justifica la incorporación dentro de las programaciones de los niveles de enseñanza secundaria de la “educación para la diversidad corporal”, como parte de la formación transversal para la promoción del desarrollo personal y saludable de los niños y adolescentes. Sin embargo, para un abordaje adecuado de la problemática del cuerpo, éste debe ser encuadrado en las paradojas de su vivencia dentro de sociedades obesogénicas, pero con una fuerte presencia de discursos obesofóbicos.

Abstract

The importance of the construction of identity and body self-image during puberty and adolescence, together with the risks of affective conflicts linked to these experiences (where eating disorders stand out), justifies the incorporation into the programming of the levels secondary education of “education on body diversity”, as part of cross-training to promote personal and healthy development of children and adolescents. However, an adequate approach to the problems about the body must be framed within the framework of the paradoxes of its experience within obesogenic societies, but with a strong presence of obesophobic discourses.

INTRODUCCIÓN

La relevancia dentro de los marcos educativos de la educación secundaria de la atención a los procesos de construcción de la identidad y la autoimagen corporal durante los periodos de la pubertad y adolescencia [1-4], así como la consideración necesaria a los posibles riesgos vinculados a la compleja experiencia personal de estas etapas, con la posibilidad de sufrir conflictos afectivos, e incluso trastornos del estado de ánimo o del comportamiento alimentario [5], justifica suficientemente la incorporación de la “educación para la diversidad corporal” como parte de la formación transversal para la promoción del desarrollo personal y saludable de los alumnos en esta etapa educativa [6]. Como marco conceptual para una programación de actividades relacionadas con estos ámbitos se emplean encuadrar las acciones y intervenciones a desarrollar, dentro de un marco teórico biocultural, que considere tanto la necesidad de aproximación del alumno a conceptos y conocimientos básicos sobre la biología humana (maduración, crecimiento y desarrollo, estado nutricional y condición física), tanto como a los contextos sociales que condicionan el marco de ese complejo proceso de maduración y desarrollo biopsicosocial del sujeto. Con relación a la aproximación a este contexto, conviene poner de manifiesto las paradójicas situaciones de contradicción que se plantean entre discursos sociales marcadamente obesofóbicos o lipofóbicos, que imponen modelos de cuerpos saludables y esbeltos, y unos entornos intensamente obesogénicos [7].

ANTECEDENTES

El problema ampliamente evidenciado de una obesidad creciente entre la población general, y con una especial preocupación, entre la población infantil y adolescente, plantea un importante problema de salud pública, pero también social [8]. Esta creciente prevalencia del sobrepeso y exceso de masa grasa entre la población de las sociedades modernas se asocia a las características de unos ambientes altamente obesogénicos (sedentarismo, fuerte inducción al consumo, persecución de la experiencia y placer personal...). Sin embargo, en estos entornos obesogénicos conviven unos valores sociales y discursos públicos fuertemente obesofóbicos, que definen unos referentes normativos y morales del cuerpo saludable, esbelto y vital, que recurre al soporte de unos argumentos y evidencias científicas que refuerzan sus mensajes y justifican sus imperativos de mantenerse en unos parámetros normalizados de los considerados tipos corporales saludables [9,10]. Estos mensajes institucionales, con su reflejo en los discursos públicos, que responsabilizan a las personas y las familias de este problema social y de salud pública, imponen modelos normativos de un criterio estandarizado de cuerpo saludable y estéticamente adecuado. Y estas dos influencias juntas, y en contradicción, la presión obesofóbica y culpabilizadora junto a los ambientes obesogénicos, conforman una situación potencialmente patológica para el desarrollo de trastornos afectivos, y dentro de ellos, con especial preocupación, de trastornos de la conducta alimentaria.

FUNDAMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

La incorporación en las programaciones didácticas de objetivos orientados a la promoción y educación para la salud en las aulas [11,12], ofrece una línea de trabajo alineada y coherente con este desarrollo de nuevos ámbitos de trabajo con los alumnos en torno a la salud, el autocuidado, la autopercepción corporal, la diversidad corporal, los determinantes de la salud, estilos de vida saludables, etc; siendo todos ellos, temas de especial relevancia en las etapas de la pubertad y adolescencia. Ya disponemos del soporte y bagaje previo de estrategias educativas con un amplio recorrido en las últimas décadas, como son la “Educación para la Diversidad” [13] y la “Educación para la Salud” [14,15]. Las cuales, han abierto un marco desde el que atender nuevos temas de gran interés para estos grupos de edad y etapas del desarrollo, tal como son la diversidad corporal, la nutrición y salud, la autoimagen y aceptación personal, y la prevención de problemas como los trastornos afectivos o los trastornos de la conducta alimentaria.

La atención a la diversidad en educación es un ámbito que ha dado inicio a múltiples consideraciones sobre la diversidad cultural y étnica [16]; y más recientemente, ampliando su atención hacía la diversidad funcional y sexual. Lo que vendría a marcar un camino, que tendría su siguiente ámbito de trabajo en la

“educación en la diversidad corporal”. Si es cierto que, desde algunos desarrollos en el campo de la Educación Física se ha comenzado a trabajar cuestión sobre la corporeidad en educación [17,18,19]; sin embargo, aún queda pendiente una consideración del cuerpo con un alcance suficientemente amplio, a lo que ayudará la adopción de enfoques integradores de orientación antropológica y biopsicosocial. Definiendo un nuevo marco desde el que abordar la diversidad corporal, y cuestiones habitualmente comunes en las representaciones sociales de ésta, como son las tallas y tamaños corporales, los morfotipos y la complejidad, la compleja diversidad fenotípica, o el sobrepeso y la obesidad; que precisan de un enfoque de aproximación a su compleja configuración y origen multifactorial. En el marco de estas necesarias conexiones entre los ámbitos del estudio biosocial del cuerpo humano y los problemas de salud y bienestar en la población infantil y juvenil señalados, se propone poner en valor las aplicaciones prácticas de estos ámbitos en el campo de la educación, dando aplicación a la investigación reciente en los campos de la Biología Humana y la Antropología (Biológica, Nutricional, Médica, de la Salud, de la Alimentación...), como un interesante y productivo marco conceptual e instrumental, desde el que cabe abordar una redefinición del enfoque de tratamiento de estos temas y de las estrategias de trabajo en las aulas de cuestiones relativas al cuerpo y la salud.

El modelo tradicional de Lalonde [20], con el que viene explicándose y analizándose los determinantes de la salud, parte de cuatro grupos de factores soportados en las condiciones ambientales, los servicios de atención sanitaria, la biología humana (entendida en términos de predisposición genética) y los estilos de vida (como actitudes y conductas individuales). Sin embargo, desde la nueva propuesta de aproximación a la diversidad corporal con un enfoque biosocial, se propone incorporar un marco de análisis de la compleja realidad del cuerpo, ampliado en sus dimensiones biológicas y sociales, y en los niveles de análisis micro y macrosociales. Desde un replanteamiento del modelo de determinantes de la salud, se actualiza el marco de análisis en su dimensión dedicada a la biología humana, ampliando su visión a la consideración de la variabilidad biológica poblacional humana (en el plano genético, pero también fenotípico: variabilidad fisiológica, metabólica, funcional...). Lo que implica pasar a comprender la variabilidad humana en un amplio abanico de la diversidad funcional, hasta los difusos márgenes de “lo patológico”. Con relación a estos campos de interés en la enseñanza por la diversidad biológica humana, disponemos de referentes dedicados a didáctica de la Antropología [21] y de la Biología Humana [22,23,24,25], mayoritariamente, orientado a su aplicación en niveles universitarios. Si bien, algunas propuestas han abordado su utilidad como recursos didácticos para la enseñanza en niveles de educación secundaria [26,27].

Esta aproximación a la diversidad corporal desde una mirada biosocial insta a presentar cuestiones de amplia preocupación sanitaria y social, como el sobrepeso y la obesidad como un fenómeno multifactorial. Y a incorporar la perspectiva de los factores sociales más allá del concepto limitado e individualista de “estilo de vida”, con un enfoque macrosocial y estructural de los condicionantes de la diversidad corporal. Redefiniendo la representación de la obesidad como una desviación extrema, disfuncional e incluso patológica de la variabilidad somática. Una mirada ampliada de los determinantes de la salud y la diversidad corporal donde son de amplio interés las contribuciones generadas dentro de la Antropología Médica Crítica, y sus análisis de las paradojas de corporalidad [28]. Desde un enfoque crítico, el análisis de los modelos sociales de cuerpo saludable cuestiona la normalización cuantificada de las representaciones y valores socioculturales en torno al cuerpo, que transfieren unas concepciones cargadas valorativa e ideológicamente a unos criterios evaluativos y de diagnóstico, y a las propias concepciones sociales del cuerpo. Una postura crítica de la diversidad corporal donde, sin negarse la evidente existencia dentro de la variabilidad poblacional de casos extremos, con derivaciones patológicas, cuestiona que una gran parte de las valoraciones, dentro de la amplia normalidad gaussiana, se encuentra teñida de prejuicios y sesgos valorativos, morales y estéticos.

Con relación a los Sistemas de Salud, sus políticas sanitarias han planteado tradicionalmente dos perspectivas de abordaje de la promoción de salud. Un enfoque colectivo basado en la difusión de recomendaciones y guías informativas de promoción de hábitos saludables, junto a las regulaciones y normativas en materia sanitaria. Y un enfoque individual, con el foco en el concepto de “estilos de vida”, ligados a conductas individuales de salud y/o de riesgo. Sin embargo, las nuevas aproximaciones con un enfoque más integrador de niveles y factores, reclaman la síntesis de éstos focos y la adición de otras dimensiones de relevancia como la experiencia personal de la salud/enfermedad (en el plano individual) o la considera-

ción de los factores estructurales (en el plano macrosocial). Integrando todos ellos en una aproximación al estudio de los entornos obesogénicos [29], que junto con las mensajes de la obesidad como problema social y los discursos obesofóbicos públicos, que contribuyen a construir un marco de responsabilización individual (culpabilización) de los problemas y trastornos de salud, desde un esquema de imposición de un cuerpo normativo de la corporeidad estándar y de negación de la diversidad corporal [30], incorpore nuevos niveles de análisis macro (desigualdades sociales y economía política) y micro (vivencias y experiencias del cuerpo).

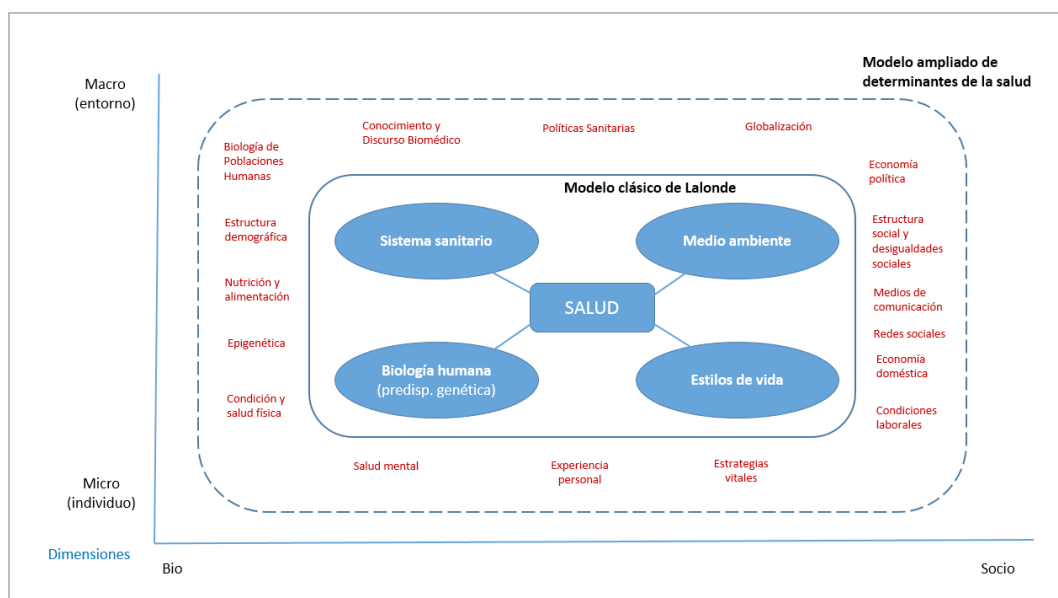


Figura 1. Modelo clásico de determinantes de la salud de Lalonde y su replanteamiento/ actualización necesaria.
Fuente: Elaboración propia.

ESQUEMA DE PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL AULA

Con este marco conceptual ampliado de aproximación a la problemática descrita en torno a la construcción de la corporeidad y de la propia autoimagen corporal, se plantea una propuesta de intervención en el aula, que desde un enfoque multinivel e integrador; sirva como contexto para la reflexión en torno a la complejidad de los problemas en torno al cuerpo, las múltiples dimensiones bio-psico-sociales de la diversidad corporal, los factores sociales y estructurales que operan en torno a ésta, y las condiciones particulares que modulan el margen de las acciones personales en torno a sus prácticas de alimentación y cuidado.

Con esta propuesta de intervención en el ámbito educativo, se pretende promover una experiencia de aprendizaje de conocimientos y prácticas en torno al cuerpo y sus cuidados. Así como una reflexión en los alumnos sobre los múltiples problemas vinculados a la corporeidad, que aproxime a éste a una amplia comprensión del fenómeno, que exonere a los niños y jóvenes de los sentimientos de culpa, desmonte posibles sesgos de percepción del problema y mitigue sus efectos en la salud física y emocional.

FUNDAMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE TRABAJO EN EL AULA

La propuesta didáctica de intervención en educación en la diversidad corporal se orienta a la realización de talleres de aprendizaje participativo con niños y adolescentes de edades entre 12 y 16 años, en la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria. Las sesiones conformarán un nexo entre objetivos de Educación para la salud y Educación en valores, a través de la didáctica de la diversidad corporal. Dada la etapa vital de los participantes (pubertad y adolescencia) cobra especial relevancia el trabajo a través del aprendizaje significativo de conceptos, habilidades y valores, claves en su maduración biopsicosocial.

OBJETIVOS GENERALES:

- Educar sobre la diversidad biocultural en la corporeidad.
- Ofrecer información de las múltiples dimensiones del cuerpo saludable.
- Ofrecer recursos personales frente a situaciones de vivencias conflictivas del cuerpo.
- Promover el pensamiento crítico y reflexivo respecto a los factores personales y sociales de la salud, el comportamiento alimentario y el cuidado corporal.
- Ofrecer recursos para la reflexión en torno a múltiples discursos e intereses vinculados a la alimentación, la educación nutricional y la salud.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Actitudinales: trabajar el razonamiento crítico para analizar problemas sociales y de salud, promover la toma de decisiones personales de modo coherente, reflexivo e informado.
- Conceptuales: aproximar al conocimiento de conceptos e informaciones clave en el ámbito de la alimentación, la nutrición, el autocuidado y la salud.
- Procedimentales: trabajar la capacidad para analizar e interpretar datos en torno a valoración del estado nutricional, la condición física y de salud.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

La orientación metodológica del proyecto de intervención en el aula se fundamenta en estrategias de aprendizaje significativo, del aprendizaje por la investigación y en el paradigma del constructivismo cognitivo [31]; para el desarrollo de habilidades y competencias prácticas y basadas en la participación, la experiencia y la comprensión operativa de los conceptos y destrezas adquiridas.

FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

En el desarrollo de las actividades en el aula se recurrirá a un conjunto de conceptos clave para entender las múltiples dimensiones (biopsicosociales) y caras de diversidad corporal. Refiriendo y explicitando a los alumnos los aspectos biológicos y socioculturales de la diversidad poblacional y variabilidad individual, las cuestiones sociales y socioeconómicas ligadas a los determinantes de la salud y la condición física. Así como las dimensiones psicosociales y personales (cognitivas, de autoconcepto y emocionales) que, más allá del término comodín de los estilos de vida, contribuyan reflexionar en torno a los experiencias y percepciones personales de las realidades vividas con relación al cuerpo, el cuidado y la salud, en el marco de unos entornos sociales poblados de paradojas y contradicciones en sus discursos, mensajes y requerimientos sociales (normativos o ideales), que amenazan con los riesgos psicológicos de la ansiedad, frustración, indefensión...

ACTIVIDADES PARA LA INTERVENCIÓN EN EL AULA

El procedimiento de intervención en el aula se sustenta en una serie de talleres de trabajo, basados en una metodología participativa y reflexiva, en torno a los temas y tópicos ligados a la diversidad corporal. Se partirá de una sesión de presentación de la propuesta de trabajo, con la explicación y acercamiento a los principales conceptos en torno a las paradojas del cuerpo, el sobrepeso y la salud. A través del diálogo grupal, se debatirá en torno a las concepciones previas de estos términos, para trabajar su desarrollo y maduración hacia concepciones elaboradas de éstos. Facilitando la progresiva incorporación a la reflexión conjunta en torno a unos discursos sociales contradictorios en torno al cuerpo, a la explicitación de las experiencias personales conflictivas sobre el cuerpo, el impacto de los imperativos morales o la responsabilización/culpabilización del sujeto en la autopercepción corporal. Y, especialmente, promoviendo el diálogo y reflexión en torno a cómo ello ha incidido, o piensan que puede incidir sobre su autoimagen, autoestima y bienestar físico y psicológico.

Tras esta introducción a las cuestiones, temas y tópicos de interés en este proyecto de trabajo en el aula, seguirán una serie de sesiones tematizadas en sus objetivos y actividades prácticas.

Actividad 1: “Conoce tu cuerpo y entiende la variabilidad corporal”

Objetivo de la actividad: Facilitar conocimientos y una comprensión realista sobre el crecimiento y desarrollo humano, que ayude a romper creencias erróneas y aseveraciones populares sobre la maduración biológica y psicossocial del adolescente.

Recursos: La actividad se apoyará en la competencia y guía del docente como facilitador de la participación y apoyo para la correcta aproximación a los conceptos y técnicas de trabajo aplicadas en la sesión, en la que se hará uso de fichas de trabajo y preguntas maestras para el trabajo en grupos.

Procedimiento: Se trabaja en el aula con materiales gráficos, a través de presentación compartida y fichas de trabajo grupal, en torno a información sobre la variabilidad interindividual en las poblaciones y los factores biosociales de diversidad humana. Tras una introducción inicial, se organiza el trabajo en grupo con fichas y preguntas específicas, para cerrar la sesión con una puesta en común y debate conjunto.

Actividad 2: “Valora tu condición nutricional y tu estado de salud”

Objetivo de la actividad: facilitar conocimientos y destrezas técnicas para la observación y seguimiento de referencias mínimas del estado nutricional y de salud. Romper con concepciones erróneas en torno a la nutrición, alimentación y salud; el sobrepeso y la obesidad. Así como trabajar la percepción de la imagen corporal y su relación con los trastornos de la conducta alimentaria.

Recursos: La actividad se apoya en la competencia técnica y guía del docente como instructor en la correcta realización de las actividades prácticas del taller; así como guiando al correcto desarrollo de la tarea. Los grupos de trabajo harán uso de fichas de trabajo y preguntas maestras. Y con carácter adicional, se emplearán materiales para las actividades prácticas de medición corporal tales como un tallímetro, báscula, cinta antropométrica o cinta métrica flexible.

Procedimiento: Tras una introducción inicial, se organiza el trabajo en grupo para la realización de las tareas de medición de los miembros del equipo, y el registro de la información en fichas individuales. También se aplicará un cuestionario (individualmente) de percepción de la imagen corporal. Para cerrar la sesión con una puesta en común y debate conjunto en torno a los resultados y sus interpretaciones.

Actividad 3: “Reflexionando sobre nuestras prácticas alimentarias y su impacto en la salud”

Objetivo de la actividad: Analizar los contenidos y planteamientos divulgativos e informaciones de las guías de educación nutricional y promoción de hábitos saludables.

Recursos: La actividad se apoya en la competencia y guía del docente como instructor en la correcta realización de las actividades prácticas del taller; así como facilitando un correcto desarrollo de la tarea. Los grupos de trabajo harán uso de fichas de trabajo y preguntas maestras, y de modelos de guías alimentarias. Con posterioridad, se abordan temas de trabajo y reflexión grupal en torno a los objetivos, formatos y mensajes de las guías analizadas, los beneficiarios de estas medidas y el impacto estimado de éstas en los hábitos y estilos de vida personales de sus usuarios.

Procedimiento: Se ofrece información y materiales (guías), sobre las que reflexionar y responder a preguntas a través de trabajo en equipo. Tras una introducción inicial, se organiza el trabajo en grupos con los materiales y fichas de trabajo, para cerrar la sesión con una puesta en común y debate conjunto.

Actividad 4: “¿Por qué comemos lo que comemos?: factores y condicionantes de nuestras acciones personales en alimentación y cuidado de su salud”

Objetivo de la actividad: Reflexionar sobre los factores determinantes de la acción personal en el cuidado de su salud y el cuerpo y el comportamiento alimentario.

Recursos: La actividad se apoya en la competencia y guía del docente como facilitador de la correcta realización de las actividades prácticas del taller; así como apoyando al correcto desarrollo de la tarea. Los grupos de trabajo harán uso de fichas de trabajo y preguntas maestras en torno a cuestiones como las variables socioeconómicas del

consumo (ingresos familiares, precios de alimentos y productos y servicios de salud...) y las condiciones personales relacionadas con las prácticas de alimentación, salud y autocuidado (empleo, horarios, obligaciones domésticas y personales...).

Procedimiento: Tras una introducción inicial, se organiza el trabajo en equipos con fichas y preguntas específicas sobre las que reflexionar y argumentar en el grupo, para cerrar la sesión con una puesta en común y debate conjunto.

RESULTADOS ESPERADOS

El resultado esperado de las intervenciones se asocia a una mejora en los recursos personales de los alumnos para afrontar, de manera reflexiva y práctica, los objetivos del autocuidado y la adhesión a hábitos saludables. Y que al tiempo, se logre una mayor comprensión de los determinantes y condicionantes de la salud, lo que cabe esperar que ofrezca información y recursos prácticos para la búsqueda autónoma de estrategias adaptativas, que contribuyan al acercamiento de las prácticas y comportamientos personales al autocuidado y la alimentación saludable; y por extensión, hacia condiciones mayores condiciones personales de bienestar y salud.

EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

Para la evaluación y seguimiento del impacto de este modelo de intervención, con objeto de identificar los efectos del programa de actividades sobre distintos niveles y ámbitos de mejora en el alumnado, seguiremos el referente del modelo de evaluación de la formación de KirkPatrick [32]. Estimando sus posibles contribuciones en diferentes dimensiones de los resultados de la formación y en el desarrollo de competencias personales, actitudinales y aptitudinales.

En la "reacción", a través de un nivel de la evaluación que mide cómo reaccionan los participantes ante la formación que acaban de recibir. Su grado de satisfacción, receptividad y opinión respecto a esta experiencia de aprendizaje se haya producido. A través de una encuesta (cuestionario) o consulta (opinión) sobre su valoración de los contenidos, duración, recursos, interés y utilidad de la formación. Justo al término de la actividad o acción formativa. Sobre el "aprendizaje", como evaluación de los objetivos específicos alcanzados, a través de la valoración y progresión de los conocimientos, habilidades y actitudes de los participantes, antes y después del curso. Fundamentalmente, con la medición de los conocimientos adquiridos por los alumnos. En la "conducta", como comprobación de los posibles cambios en los comportamientos, como efecto de la formación recibida. Para esta evaluación es conveniente dejar pasar un tiempo (p.e. uno o dos meses después de la formación). La constatación de los cambios puede apreciarse a través de la observación o validación de conocimientos y habilidades en las prácticas y comportamientos del alumno. Repetiremos la medida transcurrido un plazo mayor (p.e. seis meses), para ver si el cambio se mantiene en el tiempo o fue solo un efecto momentáneo, motivado por la inercia de la formación. Y finalmente, a través de la evaluación sobre los "resultados", con el seguimiento de efectos medibles del impacto de la formación en mejoras evidenciables sobre indicadores biométricos y de salud, en las prácticas y comportamientos alimentarios y de autocuidado, en el manejo de conocimientos y técnicas de autocuidado y, por extensión, en el incremento de los niveles de bienestar y salud percibida en el grupo.

Para este seguimiento de los resultados de la formación recurriremos al uso de medidas previas y posteriores, que nos puedan servir como indicadores del impacto de las actividades, a través de observaciones, medidas y evidencias registrables en los patrones de comportamiento, cuestionarios (p.e. test de adhesión a la dieta mediterránea), registros de medidas e indicadores antropométricos y/o medidas psicoafectivas (p.e. test de percepción corporal).

CONSIDERACIONES FINALES

La reflexión en torno al modelo propuesto de intervención en el aula, nos conduce a interesantes consideraciones sobre sus posibilidades, pero también en torno a sus posibles limitaciones prácticas, que deberán ser atendidas en futuros diseños e intervenciones. Fundamentalmente, habrá que valorar las particularidades

en la operativa y desarrollo en el aula de las acciones, atendiendo a la diversidad en el perfil de participantes, de los contextos o recursos disponibles. Con especial atención a la consideración en la implementación del proyecto y sus actividades, de las adaptaciones precisas para los distintos niveles educativos y edades de los participantes con quienes se trabaje.

PROPUESTAS DE APLICACIONES Y CONTINUIDAD DEL PROYECTO

A modo de propuestas para la aplicación futura del proyecto, se refuerza la necesidad de trasposición de la propuesta didáctica a un diseño particular o versión del modelo adaptado a su concreción particular al contexto de intervención. Formulando modelos de aplicación en el aula, considerando las características del grupo diana (edad, nivel madurativo...) y de su entorno (recursos escolares y extra-escolares de los alumnos, etc). Así como también, a la incorporación al diseño de un modelo específico de seguimiento y evaluación de los resultados de la intervención, a través de indicadores múltiples (antropométricos, conductuales y actitudinales...), que deberán ser realistas en sus posibilidades operativas de aplicación y adaptados a la características del grupo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MARRODÁN, M.D., MONTERO, V., MESA M.S., PACHECO, J.L., GONZÁLEZ, M., BEJARANO I.F., LOMAGLIO, D. B., VERÓN, J. A., CARMENATE M. M. (2008) Realidad, percepción y atractivo de la imagen corporal. Condicionantes biológicos y socioculturales. *Zainak* 30, 15-28.
- [2] LÓPEZ A.M., SOLÉ A., CORTÉS I. (2008) Percepción de satisfacción-insatisfacción de la imagen corporal en una muestra de adolescentes de Reus (Tarragona). *Zainak* 30, 125-146.
- [3] RAICH, R.M. (2001) *Imagen Corporal. Conocer y valorar el propio cuerpo*. Madrid, Pirámide.
- [4] REBATO, E. (Ed.) (2005) *La imagen corporal, entre la biología y la cultura. Antropología de la Alimentación, Nutrición y Salud*. Donostia, Publ. Eusko Ikaskuntza.
- [5] GRACIA, M. (2014) Comer o no comer ¿es esa la cuestión?. Una aproximación antropológica al estudio de los trastornos alimentarios. *Política y Sociedad* 51 (1), 73-94.
- [6] BULLEN, M., PECHAMORRÁN, B. (2005) Una perspectiva sociocultural de los trastornos alimentarios. *Zainak* 27, 179-186.
- [7] SILVA, S. (2017) Entre a cultura da magreza e as sociedades da abundancia. O corpo obeso". *Actas V Congresso Portugues de Sociologia*, pp. 49-59.
- [8] GRACIA, M. (2009) La emergencia de las sociedades obesogénicas o de la obesidad como problema social. *Revista de Nutrição* 22(1), 5-18.
- [9] GRACIA, M. (2007) Comer bien, comer mal: la medicalización del comportamiento alimentario. *Salud Pública de México* 49(3), 236-242.
- [10] GRACIA, M. (2011) La medicalización de la obesidad: Concepciones y experiencia sobre la gordura en jóvenes con -exceso- de peso. *Zainak* 34, 225-241.
- [11] CALVO, S. (1991) *Educación para la salud en la escuela*. Madrid, Ed. Díaz de Santos.
- [12] COSTA, M., LÓPEZ, E. (2003) *Educación para la Salud. Una estrategia para cambiar los estilos de vida*. Madrid, Pirámide.
- [13] DIETZ, G. (2012) *Multiculturalismos, interculturalidad y diversidad en educación: Una aproximación antropológica*. México D.F., Fondo de Cultura Económica.

- [14] SALAS, C.B., MARAT, L. (2009) *Educación para la salud. Manual de actividades*. México D.F., Pearson.
- [15] SÁEZ, S., MARTÍNEZ, M., TORRES, C. (Eds.) (2015) *Educación para la salud. Aportaciones multidisciplinares a la formación e investigación*. Lleida, Ed. Milenio.
- [16] MARTÍN, M., MARGALEF, L. (2000) *La educación para la diversidad: Múltiples miradas*. Alcalá de Henares, Ed. Universidad de Alcalá de Henares.
- [17] PÉREZ, D., LÓPEZ, V.M., IGLESIAS, P. (Coords.) (2004) *La atención a la diversidad en Educación Física*. Sevilla, Ed. Wanceulen.
- [18] GÓMEZ-BALDAZO, H. (2009) *Educación Física y atención a la diversidad*. Madrid, Ed. La Tierra Hoy.
- [19] ORTEGA, P. (2013) *Educación Física para la Salud*. Barcelona, Ed. Inde.
- [20] LALONDE M. (1974) *A new perspective on the health of Canadians. A working document*. Ottawa, Government of Canada.
- [21] KIRKPATRICK, S., LUND, L.D., LONDON, M.R. (Eds.) (2013) *The Art of Teaching Anthropology*. London, Royal Anthropological Institute (RAI).
- [22] HARRISON, A. (Ed.) (1964) *Teaching and research in Human Biology*. New York, Pergamon Press.
- [23] KIRKPATRICK, S., LUND, L.D., LONDON M.R. (2013) The Art of Teaching Anthropology: Examples from Biological Anthropology. En KIRKPATRICK, S., LUND, L.D., LONDON, M.R. (Eds.) *The Art of Teaching Anthropology*. London, Royal Anthropological Institute (RAI), pp. 303-354.
- [24] RICE, P.C. (2010) An In-class Exercise on Human Variation. En STRKALJ, G. (Ed.) *Teaching Human Variation: Issues, trends and challenges*. New York, Nova Science Publishers, pp. 61-79.
- [25] STRKALJ, G. (Ed.). (2013) *Teaching Human Variation: Issues, Trends and Challenges*. London, Nova Science Publ. Inc.
- [26] MARRODÁN, M.D., HERRÁEZ, A., GONZÁLEZ, M. (2011) Enfoques formativos de biodiversidad humana para secundaria y bachillerato. En GONZÁLEZ, M., BARATAS, A. (Eds.) *Investigación y didáctica para las aulas del Siglo XXI: Actas del I Congreso de Ciencias de la Naturaleza*. Madrid, Santillana, pp. 83-93.
- [27] TOMÁS, R., VAREA, C. (2017) Conocimiento social de la Evolución y Biología Humana: estado de la cuestión y propuestas para una actualización de contenidos curriculares en la enseñanza secundaria y universitaria. En M. González, A. Baratas y A. Brendi (Eds.) *Actas del IV Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza*. Madrid, Editorial Santillana. pp. 469-477.
- [28] GRACIA, M. (2014) De la lipofobia al lipofobismo: Imágenes y experiencias en torno a la obesidad. *Salud (i) Ciencia* 20, 382-388.
- [29] TOMÁS, R. (2021) Obesidad y entornos obesogénicos: Paradojas y divergencias entre las políticas sanitarias, las experiencias personales y las culturas de salud. En ASAE e IMA *Éticas y Políticas de las Antropologías. XV Congreso Antropología ASAE*. Málaga, Editorial Última Línea, pp. 894-917.
- [30] LUPTON, D. (1995) *The Imperative of Health. Public Health and the Regulated Body*. Los Ángeles, Sage.
- [31] DRIVER, R., OLDHAM, V. (1995) El enfoque constructivista del desarrollo curricular en Ciencias. En PORLÁN, R., GRACÍA, J.E. y CAÑAL, P. (Comp.). *Constructivismo y enseñanza de las Ciencias*. Sevilla, Diada Ediciones, pp. 113-134.
- [32] KIRKPATRICK, D.L. (1994) *Evaluating Training Programs: The Four Levels*. San Francisco, Berrett-Koehler Publishers.

FAKE NEWS Y CIENCIA. ¿LAS MÁQUINAS DIRIGEN TUS OPINIONES?

Óscar Vázquez Mínguez, Alexandra Prada Alonso

Colegio San Juan Bautista, Madrid. ovazquez@salesianosestrecho.es. aprada@salesianosestrecho.es

Dirección de correspondencia: **ovazquez@salesianosestrecho.es**

Palabras clave: fake news; debate escolar; redes sociales; secundaria.

Keywords: fake news; school debate; social networks; high school.

Resumen

El debate académico se posiciona como una importante actividad en el aula de ciencias de secundaria para mejorar la percepción de que los alumnos tienen de esta y trabajar el pensamiento crítico dentro de las aulas, además de enseñar al alumnado a realizar una búsqueda selectiva de información para combatir las numerosas *fake news* a las que se ve sometida la sociedad a través de los numerosos medios de comunicación, en especial los más jóvenes a través de las redes sociales.

Abstract

The academic debate is positioned as an important activity in the high school science classroom to improve the perception that students have of it and to work on critical thinking within the classroom, in addition to teaching students to carry out a selective search for information to combat the numerous fake news to which society is subjected through the many mass media, especially the youngest through social networks.

I. ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE TRATAR LAS FAKE NEWS EN AULA?

En la red prolifera una gran cantidad de noticias falsas, capaces de condicionar nuestro modo de actuar y pensar. Es lo que conocemos como “fake news”. Este fenómeno, que no es nuevo, se ha intensificado con el uso de las redes sociales. Hasta tal punto que un estudio del Instituto de Tecnología de Massachusetts sobre la difusión de *fake news* concluía que pueden ser retuiteadas o compartidas en redes sociales hasta un 70% más que las verdaderas. El documental “El dilema de las redes sociales” (*Social dilemma*) mantiene igualmente que las noticias falsas se propagan 6 veces más rápido que las verdaderas. De algún modo, el sistema privilegia las noticias falsas porque son más rentables para las compañías que las difunden gracias al conocido como “Clickbait” [1]. Entendiendo por *clickbait* un contenido gancho supuestamente informativo que hace que piques y pases tiempo navegando consumiendo información suculenta pero con poco valor contrastado.

La preocupación por la desinformación ha ido creciendo en los últimos años. De hecho, en 2017 los editores del Oxford English Dictionary seleccionaron el neologismo *fake news* como palabra del año, tras el aumento de su uso un 365% en los últimos 12 meses.

En el ámbito internacional, la ONU también en el año 2017 expresó su preocupación por el tema en una “Declaración conjunta sobre libertad de expresión y ‘noticias falsas’ (*fake news*), desinformación y propaganda” [2].

En el último año las *fake news* cuestionaron la existencia del coronavirus, su letalidad y origen. De hecho, las semanas de confinamiento fueron la tormenta perfecta para la generación de noticias falsas... ¿Quién no recibió alguno de los siguientes mensajes?

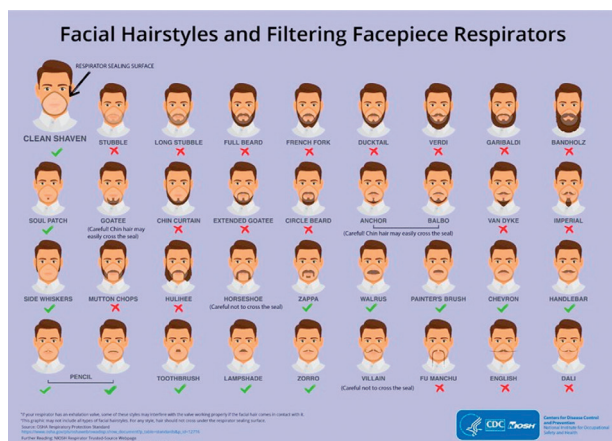


Imagen 1. Las barbas y bigotes favorecen el contagio del COVID-19 [3].



Imagen 2. Se desaconseja el uso del ibuprofeno como antiinflamatorio

Debido a la proliferación de estos bulos sobre el coronavirus la OMS se vio obligada a crear una sección en su web con consejos para la población acerca de los rumores sobre el nuevo coronavirus con el objetivo de frenar su difusión y aclarar cómo prevenirse ante el virus.

En este contexto, el Secretario General de las Naciones Unidas puso en marcha en abril de 2020 la iniciativa de comunicación de las Naciones Unidas con el fin de combatir la difusión de información errónea y falsa. Asimismo, las Naciones Unidas publicó una nota orientativa para abordar y combatir el discurso de odio relacionado con la COVID-19 (11 de mayo de 2020).

En la Asamblea Mundial de la Salud de mayo de 2020, los estados miembros de la OMS aprobaron la resolución WHA73.1, sobre la respuesta a la COVID-19. En la resolución se reconoce que gestionar la infodemia es una parte crucial del control de la pandemia de COVID-19. Se hace un llamamiento a los estados miembros para que proporcionen contenidos fiables sobre la COVID-19, adopten medidas para contrarrestar la información errónea y falsa, y aprovechen las tecnologías digitales en todos los aspectos de la respuesta. Asimismo, se hace un llamamiento a las organizaciones internacionales para que combatan la información errónea y falsa en la esfera digital, trabajen para prevenir que las actividades cibernéticas dañinas socaven la respuesta sanitaria y apoyen la facilitación de datos de base científica a la población.

En este contexto no es de extrañar que la desconfianza no haya hecho más que crecer. Según los resultados del informe Trust Barometer Spain 2021 de Edelman [4], en España el índice de confianza es de 45 puntos, posicionándonos como el cuarto país más desconfiado de los 27 encuestados tan solo por encima de Reino Unido, Japón y Rusia. En este sentido, la mayoría de encuestados cree que tanto medios de comunicación (69%) como el gobierno (65%) intentan confundir a los ciudadanos a conciencia distribuyendo datos e informaciones falsas.

La infodemia mundial ha hecho que la confianza en todas las fuentes de información se sitúe en mínimos históricos, siendo las redes sociales (35%) y los motores de búsqueda (53%) los que menos confianza despiertan, seguidos por los medios propios de las compañías (54%) y los medios de comunicación tradicionales (58%).

Una de las claves de esta situación de desconfianza en nuestro país se encuentra en la profunda crisis de desinformación. Sólo 2 de cada 5 españoles tienen una buena higiene informativa. De hecho, el 55% de los encuestados asegura compartir noticias, pero sólo el 41% de ellos comprueba antes su veracidad. En este contexto, los españoles no perciben la imparcialidad de los medios y están cada vez más concienciados sobre la importancia de aprender a distinguir la información veraz de la que no lo es. El estudio recoge que la preocupación por aumentar la cultura informativa de los españoles ha aumentado 40 puntos en el último año.

De esta coyuntura nace la necesidad de formar al alumnado para que comprenda esta situación y tenga los medios suficientes a la hora de identificar las noticias falsas que proliferan en las redes sociales (canales de información que ellos más utilizan). Pero, además, pretendemos enseñar al alumnado a valorar la presencia de estas noticias en los medios tradicionales ya existentes (periódico, televisión, radio) debido a la inmediatez a la hora de transmitir la información.

Por tanto, enseñar a los alumnos “a procesar y gestionar la gran cantidad de información” a la que se enfrentan a diario y aprender a discriminar la información veraz de la falsa, es una urgencia educativa. Como sostiene uno de los últimos informes de la OCDE, los estudiantes aún no identifican las *fake news* y en las aulas se puede notar que tienden a replicar información de manera contundente pero no pueden argumentarla. Es necesario crear estrategias de detección para que este tipo de información que nos llega sea cuestionado de una manera crítica y activa, para no caer en la manipulación de medios que prima en la actualidad. Además, debemos enseñar a los alumnos a buscar información relevante, a trabajar con ella y a citar adecuadamente las fuentes utilizadas.

2. CURRÍCULO Y DEBATE ACADÉMICO

Es importante señalar que en este ciclo la materia de Física y Química puede tener carácter terminal, por lo que su objetivo prioritario ha de ser el de contribuir a la cimentación de una cultura científica básica. En el Decreto 48/2015, de 14 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria [5] podemos encontrar los contenidos y criterios de evaluación en el que se apoya el uso del debate académico en el aula:

- Reconocer e identificar las características del método científico.
 - Formula hipótesis para explicar fenómenos cotidianos utilizando teorías y modelos científicos.
 - Registra observaciones, datos y resultados de manera organizada y rigurosa, y los comunica de forma oral y escrita utilizando esquemas, gráficos, tablas y expresiones matemáticas.
- Valorar la investigación científica y su impacto en la industria y en el desarrollo de la sociedad.
 - Relaciona la investigación científica con las aplicaciones tecnológicas en la vida cotidiana.
- Interpretar la información sobre temas científicos de carácter divulgativo que aparece en publicaciones y medios de comunicación.
 - Selecciona, comprende e interpreta información relevante en un texto de divulgación científica y transmite las conclusiones obtenidas utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad.
 - Identifica las principales características ligadas a la fiabilidad y objetividad del flujo de información existente en internet y otros medios digitales.
- Desarrollar pequeños trabajos de investigación en los que se ponga en práctica la aplicación del método científico y la utilización de las TIC.
 - Realiza pequeños trabajos de investigación sobre algún tema objeto de estudio aplicando el método científico, y utilizando las TIC para la búsqueda y selección de información y presentación de conclusiones.
 - Participa, valora, gestiona y respeta el trabajo individual y en equipo.

Además del currículo propio de nuestra comunidad autónoma, contamos con que las orientaciones de la Unión Europea insisten en la necesidad de la adquisición de las competencias clave por parte de la ciudadanía como condición indispensable para lograr que los individuos alcancen un pleno desarrollo personal, social y

profesional que se ajuste a las demandas de un mundo globalizado y haga posible el desarrollo económico, vinculado al conocimiento [6]. Con el debate académico trabajamos todas las competencias clave dando prioridad a la competencia en comunicación lingüística.

3. EL DEBATE ACADÉMICO

El debate académico [7] es, en términos amplios, un ejercicio dialéctico en el que existen dos posturas argumentadas, a favor (AF) y en contra (EC). En términos sencillos, una discusión sobre algún tema. Este acto comunicativo puede transformarse en una disciplina con reglas y principios propios, que permite su utilización como instrumento educativo o metodología de enseñanza.

Existen muchos formatos de debate. Nuestra propuesta de debate es conocida habitualmente como “debate académico”, una técnica ampliamente utilizada en los sistemas educativos anglosajones, no sólo en el ámbito universitario, sino también en la educación secundaria. La clase se distribuye en equipos, entre 3 y 5 miembros, para maximizar la aportación de cada miembro del equipo y la distribución de las diferentes tareas previas a realizar.

Las habilidades de pensamiento crítico utilizadas en un debate incluyen, a la hora de definir el problema, valorar la credibilidad de las fuentes, identificar y cuestionar asunciones, reconocer inconsistencias y priorizar la relevancia de los distintos puntos del argumento.

4. IMPLANTACIÓN DEL DEBATE ACADÉMICO EN EL AULA

A la vista de lo escrito anteriormente, desde el equipo de profesores de Física y Química de 3º ESO se decide la implantación del debate académico en temas relacionados con las ciencias en dicha asignatura. Es cierto que para poder llevar a cabo esta dinámica en el aula debe existir un trabajo previo por equipos y un seguimiento por parte del profesor previo al debate. También debemos tener en cuenta el perfil de nuestro alumnado. Si han tenido experiencias previas de exposiciones orales en el aula o debates en cursos anteriores, principalmente en las asignaturas de Lengua Castellana o Inglés la implantación del debate será mucho más fluida; si no ha sido así, los primeros intentos costarán hasta crear una dinámica.

En nuestro caso propusimos como punto de partida el capítulo “Terraplanistas, antivacunas y otros conspiranoicos” del libro “Que le den a la ciencia”, de Rocío Vidal (Madrid, 2019), que nos sirvió de punto de partida para abordar una búsqueda selectiva de información. Además, propusimos a los alumnos otras fuentes docu-

mentales y trabajamos con ellos cómo nombrar las fuentes utilizadas a través de las normas APA.

El trabajo con supervisión en el aula de secundaria es fundamental para conseguir llevar a cabo la actividad con éxito. Por ello establecimos varios momentos a lo largo del mes previo a la celebración del debate para trabajar expresamente con ellos tanto la búsqueda de información como las diferentes fases del debate, como son la introducción, las refutaciones y la conclusión. Además se les proporcionó un guion donde se explican con detalle las diferentes partes del debate y cómo prepararlas y, los diferentes roles que debe adquirir cada miembro del equipo.

Para la realización del debate se les dan 4 consejos fundamentales:



Imagen 3. Captura de pantalla del aula virtual.

- Todos los equipos constarán de tres a cinco miembros. La distribución de tareas será: un orador para el momento de introducción (2 minutos), dos oradores para la fase de refutaciones (cuatro réplicas de 1 min 15s) y otro para la fase de conclusión (2 minutos). En los equipos de cinco, el quinto miembro será el que esté atento a todo lo que ocurra en el debate, ayudará al resto de compañeros y formulará las preguntas.
- Para preparar el debate es importante hacer una lista de argumentos y contraargumentos. A partir de ahí, el equipo decidirá qué tres elige para defender su postura, teniendo en cuenta las evidencias que utilizará para defenderlos. Todos los miembros deben manejar bien el tema del debate, no solo la fase que vayan a realizar.
- La educación y la cortesía son fundamentales. No se elevará el tono ni se ha de ser demasiado vehemente en la defensa de los argumentos.
- Es importante manejar el espacio, salir del atril y moverse. Hay que dirigirse al equipo contrario, al jurado y al público.

Los temas propuestos para trabajar debates durante el curso escolar fueron:

- La energía nuclear, ¿mantenemos las centrales nucleares o las cerramos?
- La homeopatía, ¿realmente funciona?
- El terraplanismo y otras teorías ¿quién tiene la verdad?
- El cambio climático, ¿real o inventado?
- La nueva vacuna, ¿es necesario vacunarse de COVID-19?

5. EVALUACIÓN



La evaluación del debate se realizará mediante un ejercicio de autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación, mediante las rúbricas de calificación previamente consensuadas con los alumnos. En la rúbrica, entregada previamente a todo el alumnado, se evalúan principalmente los siguientes aspectos:

- Investigación y uso de la información: Toda la información presentada en el debate fue clara, precisa y minuciosa. Se citan fuentes y se respaldan juicios con fuentes pertinentes y variadas sin por ello abusar de la cita textual, la lectura el uso de imágenes o gráficos.
- Argumentación: Todos los argumentos expuestos evidencian una correlación lógica y clara respecto a su premisa o idea principal. Se evidencia el uso de información contundente y pertinente.
- Contraargumentación: Todos los contraargumentos fueron precisos, claros y atinentes ante lo expuesto por la bancada contraria
- Estilo de presentación: La bancada constantemente utiliza herramientas que mantienen la atención del público tales como: gestualidad, contacto visual con el público y la bancada contraria, tono de voz adecuado y uso de inflexiones, pausas y silencios, manejo del espacio, entusiasmo al exponer sus argumentos. Se crea un clima de controversia.



Imagen 4. Realización del debate en el aula en tiempos COVID.

- Actitud de la bancada durante el debate: La bancada respeta las opiniones. No interrumpe ni conversa mientras la bancada contraria expone. No se utilizan descalificaciones ni lenguaje soez.
- Conclusiones: La conclusión incluye los aspectos claves de la argumentación articulada por la bancada, haciéndose cargo de su tesis y reafirmando a partir de las debilidades de la bancada contraria.

<div>  salesianos ESTRECHO </div> <div> Colegio San Juan Bautista </div> <div>  EFQM <small>European Foundation for Quality Management</small> <small>5 Star - 2019</small> </div>				
Categoría	Excelente debate	Buen debate	Debate incipiente	Necesita mejorar sus habilidades para el debate
Investigación y uso de la información 20%	Toda la información presentada en el debate fue clara, precisa y minuciosa. Se citan fuentes y se respaldan juicios con fuentes pertinentes y variadas sin por ello abusar de la cita textual, la lectura o el uso de imágenes o gráficos.	La mayor parte de la información presentada en el debate fue clara, precisa y minuciosa. Se citan fuentes y se respaldan juicios con fuentes pertinentes.	La mayor parte de la información presentada en el debate fue clara y precisa, pero no siempre minuciosa y claro su origen. Se abusa de la cita textual y la lectura.	La información tiene varios errores; no fue siempre clara. No se citan fuentes. Se presentan juicios u opiniones sin respaldo. Se lee constantemente.
Argumentación 20%	Todos los argumentos expuestos evidencian una correlación lógica y clara respecto a su premisa o idea principal. Se evidencia el uso de información contundente y pertinente.	La mayoría de los argumentos fueron claramente vinculados a una idea principal (premisa). Se evidencia el uso de información contundente y pertinente.	Los argumentos no fueron claramente vinculados a una idea principal (premisa). Se evidencian algunas contradicciones y falacias. Las fuentes de información son poco sólidas.	Los argumentos no fueron claramente vinculados a una idea principal o premisa. Se evidencian múltiples contradicciones y falacias. No se evidencia uso de información.
Contra-argumentación 15%	Todos los contra-argumentos fueron precisos, claros y atinentes ante lo expuesto por la bancada contraria.	La mayoría de los contra-argumentos fueron precisos, claros y atinentes ante lo expuesto por la bancada contraria.	Pocos argumentos fueron precisos, claros y atinentes. Se evidencian algunas contradicciones y/o falacias.	Los contra-argumentos no fueron precisos ni claros y no se vinculan con la argumentación de la bancada contraria. Se evidencian muchas contradicciones y/o falacias.
Estilo de Presentación 15%	La bancada constantemente utiliza herramientas que mantienen la atención del público tales como: - Gestualidad.- Contacto visual con el público y la bancada contraria. - Tono de voz adecuado y uso de inflexiones, pausas y silencios.- Manejo del espacio.- Entusiasmo al exponer sus argumentos. Se crea un clima de controversia.	La bancada por lo general utilizó gestos, contacto visual, tono de voz, manejo del espacio y un nivel de entusiasmo capaz de mantener la atención de la audiencia. Se crea un clima de controversia.	La bancada prácticamente no utiliza gestos, contacto visual, tono de voz, manejo del espacio y entusiasmo, por lo que no logra captar la atención de la audiencia o si logró captarla fue a partir de la sobreexposición o el uso de elementos distractores. No se crea un clima de controversia.	La bancada no utiliza gestos, contacto visual, tono de voz, manejo del espacio y entusiasmo, por lo que no logra captar la atención de la audiencia en ningún momento. Ni siquiera la sobreexposición o los elementos distractores logran llamar la atención de la audiencia. No se crea un clima de controversia.
Actitud de la bancada durante el debate 15%	La bancada respeta las opiniones. No interrumpe ni conversa mientras la bancada contraria expone. No se utilizan descalificaciones ni lenguaje soez.	La bancada respeta opiniones, pero tiende a exaltarse y personalizar la discusión. Conversan mientras sus compañeros exponen.	La bancada no respeta opiniones y tiende a exaltarse y personalizar la discusión, pero sin llegar a la descalificación, personalización o utilización de lenguaje soez. Conversan mientras sus compañeros exponen.	La bancada no respeta Opiniones, tiende a exaltarse, personalizar la discusión, descalificar a la bancada contraria y/o utilizar lenguaje soez. Conversan mientras sus compañeros exponen.
Conclusiones 15%	La conclusión incluye los aspectos claves de la argumentación articulada por la bancada, haciéndose cargo de su tesis y reafirmando a partir de las debilidades de la bancada contraria.	La conclusión incluye los aspectos claves de la argumentación articulada por la bancada haciéndose cargo de su tesis.	La conclusión incluye sólo algunos aspectos claves de la argumentación articulada por la bancada. No se vincula mayormente con su tesis ni ayuda a reforzarla.	La conclusión es muy débil, no se clarifican los aspectos claves y no hay mayor vinculación con su tesis.

[CALLE FRANCOS RODRÍGUEZ 5 | 28039 MADRID | TEL. 914 500 000 | FAX 914 501 951 | WWW.SALESIANOSESTRECHO.ES]

Imagen 5. Rúbrica de evaluación.

Al disponer de dispositivos electrónicos, a través de la herramienta *CoRubric* se realiza en el momento la coevaluación por parte de los alumnos. Al finalizar cada ronda de debate entre dos equipos, ellos mismos se autoevalúan y el profesor toma las anotaciones necesarias para luego realizar la evaluación.

Los porcentajes asignados a cada una de estas formas de calificación son:

- Autoevaluación: 10%
- Coevaluación: 10% - 40%
- Evaluación por parte del profesor: 80% - 50%

Un aspecto muy importante es el *feedback* recibido para poder seguir mejorando. Esto también se realizó a través de la aplicación *CoRubric*, ya que posee un apartado para observaciones que se pidió a los alumnos que usaran.

6. CONCLUSIONES

Después de dos años realizando esta actividad, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

a) Es una oportunidad para mejorar la percepción de la ciencia.

La pandemia ha sido un tiempo privilegiado para trabajar la percepción que nuestros alumnos tienen sobre la ciencia. De hecho, el estudio "Evolución de la percep-

Imagen 6. Trabajando con *CoRubric*.



ción social de aspectos científicos de la covid-19” [8] realizado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología señalaba que “la disposición a vacunarse de la COVID-19 aumenta hasta el 60% en enero” y “la población con un mayor rechazo a la vacuna se sitúa por debajo del 10 % mientras que en octubre esta cifra estaba cerca del 32%”.

Estos y otros aspectos relacionados con la vacunación, la inmunidad de grupo, los tipos de vacunas existentes y su fundamento científico... han sido los temas debatidos por nuestros alumnos en aula. El ingente volumen de noticias que ha circulado este año por la red sobre el coronavirus y las vacunas ha permitido generar un espacio único para mejorar la percepción que los alumnos tienen de la ciencia y el método científico.

b) Necesidad de que los alumnos aprendan a buscar información. Normas APA.

La incorporación de trabajos de investigación en nuestras aulas lleva, además de la dificultad de integrar métodos de evaluación diferentes a los que habitualmente usamos, la necesidad de incorporar actividades que vayan encaminadas a enseñar a nuestros alumnos a buscar información relevante y a trabajar con ella. El debate académico es sin duda una poderosa herramienta para perseguir este objetivo, pero para ello debemos programar sesiones dentro de aula en la que abordemos explícitamente la necesidad de buscar información y trabajar con ellos como nombrar las fuentes utilizadas a través de las normas APA.

c) Correlación entre calificaciones y debate académico.

Pese a sus bondades para trabajar el pensamiento crítico dentro de las aulas, el debate académico no supone una mejora significativa de las calificaciones habituales de los alumnos de Física y Química. Lo será sólo en aquellos casos en los que los alumnos se integren dentro de un grupo en el que haya alumnos con habituales buenas calificaciones. Esto nos lleva a pensar en la necesidad de incorporar elementos que permitan la calificación individual, frente a una rúbrica de calificación general.

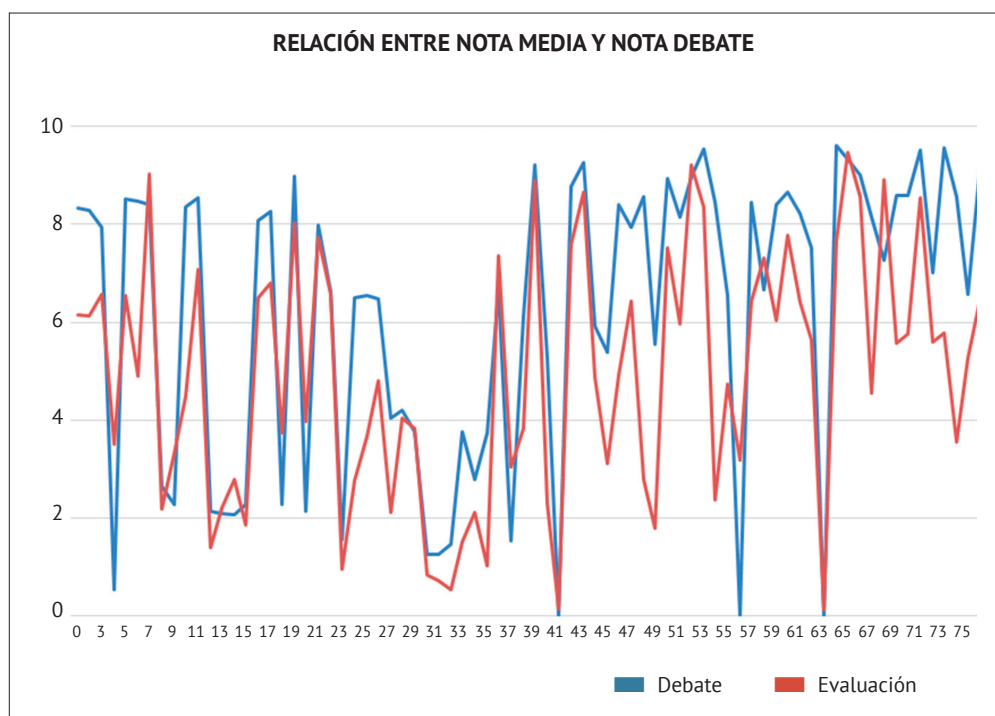


Imagen 7. Relación entre calificaciones de debate académico y evaluación en los cursos académicos 2019-2020 y 2020-2021

BIBLIOGRAFÍA

- [1] VALIENTE, S. (2021) Ejemplos de *fake news* y consejos para reconocer noticias falsas. [En línea], disponible en <https://edem.eu/ejemplos-fake-news-y-noticias-falsas/> [Consultado el 21/07/2021]
- [2] (2017) Declaración conjunta sobre libertad de expresión y “noticias falsas” (“*fake news*”), desinformación y propaganda. [En línea], disponible en: http://www.oas.org/es/cidh/expresion/documentos_basicos/declaraciones.asp [Consultado el 21/07/2021]
- [3] (2020) Facial hairstyles and filtering facepiece respirators. [En línea], disponible en: <https://www.kron4.com/wp-content/uploads/sites/11/2020/02/CDCBIRD.pdf> [Consultado el 21/07/2021]
- [4] (2021) Trust Barometer Spain 2021 de Edelman. [En línea], disponible en: <https://www.edelman.com/es/TRUST-BAROMETER-SPAIN-2021> [Consultado el 21/07/2021]
- [5] (2015) Decreto 48/2015, de 14 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. [En línea], disponible en http://www.madrid.org/wleg_pub/secure/normativas/contenidoNormativa.jsf?opcion=VerHtml&nmnorma=8934&cdestado=P#no-back-button [Consultado el 21/07/2021]
- [6] (2015) Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. [En línea], disponible en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2015-738> [Consultado el 21/07/2021]
- [7] MONCALVILLO, S., LÓPEZ, M.C. (2021). Manual de debate. [En línea], disponible en <https://www.juntadeandalucia.es>portals>content> [Consultando el 21/07/2021]
- [8] Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (2021). Evolución de la percepción social de aspectos científicos de la COVID-19. [En línea], disponible en <https://www.fecyt.es/es/publicacion/evolucion-de-la-percepcion-social-de-aspectos-cientificos-de-la-covid-19> [Consultado el 21/07/2021]

**La ciencia
fuera del aula**

¿EXPERIMENTAR EN PRIMARIA? ¡SÍ! NOS VAMOS DE FERIA CIENTÍFICA CON ALUMNOS DE 4º DE PRIMARIA

Paula Camarero Lozano

CEIP María Moliner: C/ Reyes Católico 8, 81. 28982 Parla (Madrid)

Dirección de correspondencia: paulacamarero@mariamolinerparla.es / paulacamarero78@gmail.com

Palabras clave: educación primaria; divulgación científica; emoción; metodologías activas; experimentación.

Keywords: primary school; scientific dissemination; emotion; active learning methodologies; experimentation.

Resumen

La utilización de metodologías activas tipo STEM, desencadenan emociones positivas hacia el estudio de la ciencia.

En este trabajo se muestra como las experiencias científicas realizadas en el aula salieron de ella para ser divulgadas por alumnos de 4º de Primaria en la Feria Madrid por la Ciencia y la Innovación 2019. Se exponen los experimentos llevados a la feria y cómo se prepararon en el aula.

Una maravillosa experiencia que intenta demostrar que se puede enseñar y aprender ciencias en Primaria de otra manera, que la ciencia no es memoria, es curiosidad, experiencia, paciencia y emoción.

Abstract

Active learning methodologies, such as STEM, trigger positive emotions towards the study of science.

This work shows how the scientific experiences done in the classroom by the students of 4th grade were carried out to be presented at the 2019 Madrid Science and Innovation Fair. It exposes the experiments taken to the fair and how they were prepared in the classroom.

A wonderful experience trying to prove that it is possible to teach and learn science in Primary School in another way, it shows that science is not memory, it is curiosity, experience, patience and emotion.

INTRODUCCIÓN

Es sabido que el interés de los alumnos por las ciencias, por su carácter experimental, comienza en la primera infancia, disfrutan investigando. Como expresan Ortiz y Cervantes [1], la curiosidad es una actitud que se manifiesta con mayor intensidad en los primeros años de vida, de manera que el aprendizaje científico nace de esa curiosidad natural por conocer y comprender el entorno.

Sin embargo, según diversos estudios [2, 3], ese interés por las ciencias decrece al avanzar la escolarización y la capacidad de asombro se va perdiendo hacia la edad adulta. Son muchas las evidencias sobre la disminución gradual del interés de los estudiantes de países desarrollados, entre ellos España, por el estudio de las ciencias.

Así, ya al final de la etapa Primaria se observan actitudes negativas hacia las clases de ciencias. El periodo de los 10 a los 14 años resulta crucial en el moldeado de las actitudes y las aspiraciones de los estudiantes hacia carreras científicas [4, 5].

De forma generalizada, los estudiantes aprecian la importancia de la ciencia para la vida, sin embargo, principalmente en los niveles de Secundaria, las clases de ciencias son percibidas como difíciles, aburridas, irrelevantes, poco atractivas y alejadas de sus intereses y de su vida cotidiana [5, 6].

Múltiples factores pueden dar respuesta a estos datos, tal y como indican diversos estudios. Destacando aquellas causas vinculadas a la práctica docente, Vázquez y Manassero [3] hacen referencia al profesorado, a la falta de trabajo práctico o a la excesiva orientación para preparar los exámenes en las clases.

Esto significa que, en ocasiones, los docentes no proporcionamos a nuestros alumnos las experiencias suficientes para mantener su curiosidad, su gusto por la investigación, por la búsqueda del porqué de las cosas. Posiblemente, la práctica docente sea clave para dar la vuelta a estos resultados.

En este trabajo se aborda de forma directa el trabajo científico en la etapa Primaria, en la que, de forma general, se realizan pocas actividades en las clases de ciencias, más allá de las explicaciones del profesor y la realización de problemas, actividades memorísticas o repetición de conceptos [3].

Esto resulta contradictorio, teniendo en cuenta el pensamiento lógico-concreto propio de los alumnos de este nivel según Piaget [7]. Es decir, los niños son capaces de razonar y buscar explicaciones lógicas a los fenómenos, pero siempre apoyándose en algo concreto, real, en la experiencia. Aprendemos de forma activa y a estas edades es necesario manipular, experimentar, ensayar y errar [1].

Bien es cierto, que la falta de materiales científicos en muchos centros de Primaria y la necesidad de formación del profesorado en este ámbito, pueden contribuir a no aplicar una metodología experiencial. Además, como confirma el informe ENCIENDE [2], las ciencias en la etapa Primaria representan aproximadamente un 7% del espacio curricular y no se considera área instrumental, algo que junto con la extensión de los contenidos, supone un reto para el profesorado del área.

Sin embargo, es posible evitar que esto se convierta en un obstáculo, el aula puede ser un estupendo laboratorio, motivante para alumnos y profesores, que permita disfrutar de la ciencia. Según Vázquez y Manassero (2008) [3], el objetivo debe ser generar curiosidad y motivar aprendizajes; planificando actividades apropiadas que permitan aplicar los conocimientos adquiridos, de manera que estos no queden como meros contenidos memorizados susceptibles de ser olvidados a corto plazo. De esta manera, le estaremos dando sentido a los aprendizajes.

A continuación, el presente trabajo expone las experiencias científicas realizadas por alumnos de 4º de Primaria en la Feria Madrid por la Ciencia y la Innovación 2019. Se describen los experimentos presentados en la exposición y cómo fueron preparados en el aula. Así como una valoración de la experiencia, tanto desde un punto de vista docente como discente, curricular y emocional.

FERIA MADRID POR LA CIENCIA

La Feria Madrid por la Ciencia, actualmente Madrid es Ciencia, es un proyecto de sensibilización pública, divulgación de la ciencia y participación ciudadana que nace en el año 2000. Pretende sacar la ciencia y la tecnología a la calle, difundir la cultura científica y fomentar las vocaciones científicas [8].

La Feria Madrid por la Ciencia y la Innovación 2019 (**Imagen 1**) fue la edición de participación de nuestros 19 alumnos de 4º de Primaria del CEIP María Moliner de Parla y dos profesoras (Paula Camarero y María Ángeles Panés). Según datos proporcionados por la dirección técnica de la feria, fueron seleccionados para participar 56 centros educativos, de los cuales solo 8 eran de Primaria.

La feria supuso para nuestros alumnos una maravillosa experiencia en la que se dieron cita y compartieron experiencias 1500 alumnos divulgadores, 160 profesores, 60 investigadores y más de 20.000 personas de público asistentes.

POR QUÉ PARTICIPAR

Para que los aprendizajes científicos tengan sentido y sean útiles realmente, deben ser competenciales, experienciales y deben aportar conocimientos para la vida. Los alumnos de Primaria buscan explicaciones, conocer por qué ocurren las cosas. Por eso, la pregunta del millón en los últimos cursos de Primaria, es... ¿y esto para qué sirve? Normalmente es una pregunta basada en emociones negativas hacia la materia. Por eso, cuando esta pregunta aparece, probablemente es porque no le estamos dando suficiente sentido al aprendizaje, no lo estamos acercando a su realidad.

Siempre hay repuesta, pero cuando se aplica la experiencia a los aprendizajes y no tanto la memoria y la repetición aisladas, esa pregunta ya no es tan frecuente. Encuentran sentido a lo que hacen, lo experimentan, obtienen respuestas a través de su propia experiencia. Entonces aparecen otro tipo de preguntas, pues la curiosidad, el asombro y la emoción llevan a las preguntas, las dudas, la inquietud por cualquier aspecto tratado. Buscan explicación a todo aquello que les suscite cierta intriga, buscan querer saber más. Es fantástico que esto ocurra, entonces sí le estaremos dando sentido al aprendizaje.

La conexión de los contenidos con la vida real es imprescindible y puede contribuir a aumentar el interés y la motivación del alumnado hacia las ciencias [2]. Qué mejor manera de llevar a cabo este proceso, además de practicarlo en el aula, que poner la actividad científica de clase a disposición de cualquier persona de la mano de pequeños divulgadores, favoreciendo su confianza en sí mismos, su autoestima y su motivación hacia la ciencia y el aprendizaje.

Hay claras evidencias [9] sobre los beneficios que ofrecen para la alfabetización científica las experiencias extraescolares. Se sabe que afectan positivamente al aprendizaje científico, contribuyen a la integración de conceptos, fomentan el aprendizaje experiencial y la actividad práctica, dan acceso a materiales y herramientas actualizados y permiten trabajar en las dimensiones más transversales del conocimiento científico. Según Elizondo (2018) [10], las actividades fuera del aula favorecen un aprendizaje más informal y relajado y, por tanto, más efectivo, al desencadenar motivaciones intrínsecas, es decir, aquellas que impulsan a aprender por el simple gusto de hacerlo. Así, los objetivos perseguidos con la participación en la feria fueron:

- Propiciar aprendizajes significativos, basados en la experiencia de los propios alumnos como protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Motivar y despertar en los alumnos el interés por la ciencia y su estudio, así como estimular emociones positivas hacia las clases de ciencias y el aprendizaje de la materia.
- Favorecer el crecimiento personal de los estudiantes, su autoconcepto y confianza en sí mismos y en sus diversas capacidades.
- Permitir la aplicación de conocimientos, vinculando las experiencias del aula con la realidad de los estudiantes.
- Fomentar en los alumnos habilidades de comunicación, imprescindibles para todas las facetas de su vida.
- Compartir el conocimiento científico de los alumnos con la sociedad, contribuyendo a la formación de una ciudadanía informada y participativa.
- Disfrutar, tanto alumnos como docentes, del proceso de enseñanza aprendizaje del que estas actividades también forman parte.

PROYECTO DE ACTIVIDADES EXPUESTAS EN LA FERIA

Las actividades diseñadas buscaban la motivación, participación e interacción de los alumnos con el público y con la propia ciencia, tal y como marcaban las directrices de la organización. Dichas actividades estaban basadas en la observación y experimentación científica, favoreciendo en el visitante una reflexión sobre la grandiosidad de los procesos naturales de los seres vivos, su morfología y su fisiología. Así mismo, las experiencias procuraban transmitir la necesidad de conocer los animales y plantas que nos rodean para lograr un mayor deseo de conservación de la vida en la Tierra.

Fueron los propios alumnos de 4º de Primaria los que expusieron y ejecutaron directamente las actividades en el stand de la feria, absolutamente interactivo y que permitía la participación dinámica y activa del público.

Para el proyecto fueron seleccionadas experiencias ya conocidas por los alumnos, realizadas en el curso corriente (2018-2019) y en el anterior (2017-2018), de manera que partíamos de conocimientos y reflexiones previas. Los contenidos elegidos versaban en torno al reino animal y vegetal y se organizaron en dos bloques.

Reino animal.

】 Invertebrados:

- Observación a la lupa binocular de diferentes insectos y arácnidos.
- Identificación de conchas de moluscos.

】 Vertebrados:

- Observación y manipulación de corazón de cerdo en disección.
- Observación y manipulación de pulmones de cordero en disección.

Reino vegetal:

】 Morfología vegetal:

- Preparación y observación al microscopio de células de cebolla.

】 Fisiología vegetal:

- Experimento sobre los requerimientos vitales de una planta.
- Evidencia del transporte de sustancias a través del tallo.

ORGANIZACIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Como se ha mencionado antes, se llevaron a la Feria experimentos ya realizados en el aula entre el curso anterior y el corriente en ese momento. Para la preparación de las experiencias de disección de pulmón y corazón utilizamos las propias clases de ciencias según la programación establecida para el curso. Sin embargo, otras experiencias abordaban contenidos correspondientes al curso anterior; por lo que fue necesario un reajuste de la programación de aula, que permitiera retomar contenidos anteriores desde una perspectiva absolutamente competencial y experimental (imágenes 1 a 6).



Imagen 1. Práctica de insectos y arácnidos.



Imagen 2. Práctica células de cebolla.



Imagen 3. Disección de corazón.



Imagen 4. Disección de pulmón.



Imagen 5. Exp. requerimiento vegetal.



Imagen 6. Clasificación de conchas.

La preparación en el aula de todas las experiencias se llevó a cabo de forma cooperativa, formando grupos heterogéneos de 3-4 alumnos en los que todos llevaban a cabo las prácticas de manera colaborativa.

Uno de los aspectos que tuvimos que preparar con más ahínco fue la exposición oral de los procesos científicos, algo que los alumnos de 4º curso aún no estaban acostumbrados a trabajar.

En el instituto se exige al alumnado la exposición de diferentes trabajos, pero es imprescindible comenzar antes a desarrollar las habilidades orales que requiere hablar en público. Estas destrezas se suelen empezar a trabajar en Primaria en los últimos cursos, sin embargo, en nuestro caso, vimos la importancia de haberlas empezado a practicar con anterioridad y siempre contextualizadas. Tal como indican Vilaubí et al [11], desarrollar el dominio de herramientas de exposición oral con independencia del escenario de las presentaciones puede resultar poco útil e, incluso, contraproducente.

Para ayudar a los alumnos a preparar su exposición científica y su interacción con el público, se desarrolló un guion especialmente diseñado para ellos. En él se presentaban las experiencias con las reflexiones del porqué de cada una, de manera que pudieran responder a las posibles dudas o cuestiones que los visitantes les planteasen.

Por otro lado, el guion de las experiencias incluía también todos los materiales necesarios para realizar los experimentos. De esa manera, podrían ser autónomos y colaborativos a la hora de organizar y gestionar las actividades en el momento de su ejecución (materiales a reponer, resultados no esperados, condiciones higiénicas, estado de los materiales...).

PARTICIPACIÓN EN LA FERIA

La Feria Madrid por la Ciencia y la Innovación 2019 se desarrolló durante 4 días (de jueves a sábado de 10:00 a 19:30 y domingo de 10:00 a 15:30) (Imagen 7). Para ello, organizamos a los alumnos en grupos, de manera que pudieran compaginar sus actividades habituales con la participación en la feria, siempre con la inestimable colaboración de las familias.

Distribuimos los experimentos en el stand según los dos bloques de contenidos y los alumnos iban rotando por grupos de una actividad a otra. De esa forma, todos tenían la oportunidad de ejecutar todas las experiencias.

Así se desarrollaron las actividades:

Observación a la lupa binocular de diferentes invertebrados (Imagen 8).

Haciendo uso de lupas binoculares, los alumnos expusieron y dirigieron al público en la observación de diferentes especies de insectos y arácnidos (ojos compuestos de mosca, alas de crisopas, patas, aguijones de abeja, ojos y mandíbulas de arañas...).

Identificación de conchas de moluscos (Imagen 9 y 11).



Imagen 7. Feria Madrid por la Ciencia y la Innovación 2019.



Imagen 8. Insectos y arácnidos.



Imagen 9. Pulmón, fisiología vegetal y conchas.

Con la ayuda de claves de identificación y guiados por nuestros alumnos, los visitantes de la feria podían averiguar a qué moluscos pertenecían diferentes conchas encontradas en las playas, algunas de ellas de gran belleza.

Observación y manipulación de un corazón en disección (Imagen 10).

De la mano de los alumnos, los visitantes podían apreciar el espectacular grosor de la pared muscular del ventrículo izquierdo, se les animaba a intentar romper con los dedos las válvulas, a buscar e identificar venas y arterias y su conexión utilizando pajitas, etc. Así, el público podía poner realidad a los dibujos de los libros que todos conocemos.

Observación y manipulación de pulmones de cordero (Imagen 9 y 12).

Utilizando asaduras de cordero (corazón y pulmón), los alumnos guiaban al público en la observación y manipulación de estos órganos, invitando a los visitantes a hinchar los pulmones para mostrar su funcionamiento. Además, podían observar la tráquea, los bronquios y los vasos sanguíneos que irrigan este órgano vital.

Experimento sobre los requerimientos de una planta (Imagen 10).

Nuestros alumnos realizaron en clase un experimento sobre los requerimientos nutricionales de las plantas para mostrar en la feria sus resultados. Interactuaban con los visitantes y recogían sus ideas antes de mostrar las plantas, de manera que el público se asombraba al comprobar el crecimiento de las plantas etioladas en ausencia de luz.

Preparación y observación al microscopio de células de cebolla (Imagen 11).

Los visitantes, guiados por los niños, realizaban ellos mismos preparaciones de células de epidermis de cebolla tiñendo las células con Mercromina® para observarlas después bajo el microscopio.

Evidencia del transporte de agua a través del tallo (Imagen 9).

Si introducimos el peciolo de una flor en un vaso de agua y añadimos unas gotas de colorante alimenticio, observaremos cómo los pétalos de la flor cambian de color. Los niños explicaban y demostraban así el transporte de sustancias a través del tallo de las plantas.



Imagen 10. Corazón y germinación.

Imagen 12. Pulmón y conchas.

Imagen 11. Epidermis de cebolla.

VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA

La participación en la Feria fue tremendamente enriquecedora y constructiva para todos, no solo para los alumnos, los principales protagonistas, sino también para profesores y familias.

Desde el momento en que fuimos seleccionados para participar en el evento científico, se respiraba un ambiente escolar cargado de pasión y emoción, alumnos y profesores estábamos disfrutando de la ciencia.

La emoción actúa como guía del aprendizaje, marcando las experiencias como positivas o negativas y, por tanto, haciéndolas atractivas para aprender o susceptibles de ser evitadas. De modo que parece claro que, en situaciones de bienestar emocional, aumenta la eficiencia del proceso cognitivo. Por tanto, se puede afirmar que los sistemas emocionales crean motivación y esta propicia el aprendizaje [10].

Por otro lado, el entusiasmo que desprendíamos los profesores, también inducía la motivación y el atractivo de la actividad para los alumnos, no solo durante la experiencia en la feria, sino en el desarrollo habitual de la clase. Disfrutábamos de un ambiente educativo en sintonía con las emociones positivas hacia la ciencia, haciendo los aprendizajes más eficaces [6, 9, 10].

Obviamente, todo aprendizaje requiere una base de conocimiento que nuestros alumnos, a su nivel, tenían y demostraron. Nos sorprendió y nos maravilló su gran capacidad para contar la ciencia, divulgaban sus conocimientos de forma amena, clara, relajada y absolutamente comprensible para el público. Algo que no solo nos sorprendió a nosotros, sino también a gran parte del público asistente, desde estudiantes de instituto, hasta docentes e investigadores. Se preguntaban cómo alumnos “tan pequeños” podían saber tanto y explicar tan bien para su edad. Y es que según Ortiz y Cervantes [1], uno de los obstáculos para promover el aprendizaje de las ciencias es precisamente considerar al niño como un sujeto limitado cognitivamente para el desarrollo de las abstracciones científicas. Cuando se piensa que enseñar ciencia a los niños pequeños es difícil, se debe considerar que desde pequeños van construyendo teorías explicativas de la realidad que viven y conocen, de un modo similar al que utilizan los científicos. Lo hacen a través de la experimentación, del tanteo y del error. Es posible aprender ciencias a cualquier edad, solo es necesario adaptar las tareas y delimitar las indagaciones [9].

En ocasiones, los propios alumnos dudaban de su capacidad para gestionar las actividades y “hacerlo bien”, pero gozaban de nuestra absoluta confianza en sus diferentes capacidades y habilidades. Eso generaba en ellos emociones tremendamente positivas, expectantes y autoconfianza.

Es destacable la tranquilidad con la que nuestros alumnos aprendían y enseñaban ciencia. Estaban nerviosos desde una perspectiva absolutamente positiva, deseaban hacerlo bien por una motivación intrínseca, por el simple placer de hacerlo bien, no porque tuvieran que demostrar nada ni rendir cuentas de su aprendizaje. Muy posiblemente, esa tranquilidad fuera fruto de que no estaban siendo evaluados, pues no se planteó utilizar esta experiencia para llevar a cabo una evaluación de la competencia científica de los alumnos en este caso.

La investigación en el campo de la enseñanza de las ciencias está de acuerdo en que es urgente un cambio en la evaluación del aprendizaje de las ciencias, pues esta debe ser competencial, pero todos los estudios muestran que se sigue evaluando como siempre [2]. Incluso para los profesores que llevamos a cabo metodologías activas e innovadoras para enseñar ciencias, la evaluación de la competencia científica de los alumnos sigue siendo una asignatura pendiente

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a todos los alumnos de 4º de Primaria que participaron en la Feria y a sus familias, a los alumnos que colaboraron en la preparación de las actividades en el aula sin asistir al evento y a María Ángeles Panés Rodríguez, profesora del Centro participante en la organización y ejecución de la Feria.

CONCLUSIONES

La utilización de metodologías activas tipo STEM, basadas en la experimentación, facilitan la comprensión de procesos científicos, motivan al alumnado, lo preparan para la vida y permiten observar en ellos pinceladas de emoción en el estudio de las ciencias.

Enseñar ciencia es enseñar a pensar, a indagar y a entender el mundo que nos rodea, es enseñar a disfrutar y emocionarse.

La ciencia es emocionante, porque experimentar lo es. A los alumnos les pueden atraer más o menos las áreas o materias científicas, pero a todos les motiva experimentar bajo un tema u otro. Por tanto, la ciencia tiene la capacidad potencial de emocionar. Y aquello que emociona, motiva, despierta interés y puede generar aprendizajes eficaces.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ORTIZ, G., CERVANTES, M.L. (2015). La formación científica en los primeros años de escolaridad. *Panorama. Revista especializada en educación* 9(17), 10-23 (p.13, 11, 15) [En línea] doi.org/10.15765/pnrm.v9i17.788 [Consultado el 17/07/2021].
- [2] CONFEDERACIÓN DE SOCIEDADES CIENTÍFICAS DE ESPAÑA (2011). Informe ENCIENDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España. [En línea] https://www.cosce.org/wp-content/uploads/2011/03/Informe_ENCIENDE.pdf [Consultado el 19/07/2021]
- [3] VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M.A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Eureka. Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 274-292. [En línea] <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3740/3317> [Consultado el 19/07/2021]
- [4] TOMA, R.B., ORTIZ-REVILLA, J., GRECA, I.M. (2019). ¿Qué actitudes hacia la ciencia posee el alumnado de Educación Primaria que participa en actividades científicas extra-curriculares? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 3(1), 55-69 (p.56). [En línea] <https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.1.4599> [Consultado el 16/07/2021]
- [5] MARBÀ, A., MÁRQUEZ, 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(1), 19-30. [En línea] <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/189093> [Consultado el 18/07/2021]
- [6] VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M.A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (II): evidencias empíricas derivadas de la investigación. *Eureka. Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 417-441. [En línea] <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92040304> [Consultado el 19/07/2021]
- [7] PIAGET, J. (1991). Seis estudios de psicología. Barcelona, Editorial Labor (de la edición original Goniher, 1964), p.58-74. [En línea] http://dinterrondonia2010.pbworks.com/f/Jean_Piaget_-_Seis_estudios_de_Psicologia.pdf [Consultado el 19/07/2021]
- [8] FUNDACIÓN PARA EL CONOCIMIENTO MADRID. Feria Madrid por la Ciencia y la Innovación 2019. <https://www.madrimasd.org/feriamadridcienciainnovacion>. [Consultado el 20/07/2021]
- [9] COUSO, D., JIMENEZ-LISO, M.R., REFOJO, C. y SACRISTÁN, J.A. (Coords) (2020). Enseñando Ciencia con Ciencia. FECYT y Fundación Lilly. Madrid, Penguin Random House. (p.94) <https://www.fecyt.es/es/publicacion/ensenando-ciencia-con-ciencia> [Consultado el 20/07/2021]
- [10] ELIZONDO, A., RODRÍGUEZ, J.V., RODRÍGUEZ, I. (2018). La importancia de las emociones en el aprendizaje. *Didácticas Específicas*, (19), 37-42. [En línea] <https://doi.org/10.15366/didacticas2018.19.003> [Consultado el 18/07/2021]
- [11] VILAUBÍ, M., ALBA, C., CAÑO, C. (2010). Presentaciones Orales en Primaria. Recursos del Ministerio de Educación Cultura y Deporte, España [En línea] <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/component/content/article/38-cajon-de-sastre/933-presentaciones-orales-en-primaria?format=pdf> [Consultado el 20/07/2021]

Se registran las últimas fechas consultadas.

ACTIVIDADES EDUCATIVAS EN EL RELOJ GEOBIOLÓGICO DEL REAL JARDÍN BOTÁNICO ALFONSO XIII

Omid Fesharaki¹, Alejandra García-Frank¹

¹ Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología. Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. C/ José Antonio Novais 12, 28040 Madrid (España). omidfesh@ucm.es; agfrank@ucm.es

Dirección de correspondencia: omidfesh@ucm.es

Palabras clave: enseñanza de la geología; reloj geobiológico; historia de la tierra; material háptico; enseñanza formal; atención a la diversidad.

Keywords: geology teaching; geobiological clock; earth history; haptic material; formal education; attention to diversity.

Resumen

El material táctil (rocas, fósiles y maquetas) y visual (divisiones del tiempo geológico y placas explicativas de cada periodo de la historia de la Tierra), presentes en el entorno del Reloj Geobiológico del Real Jardín Botánico Alfonso XIII, son de gran utilidad en la transmisión de conocimientos a todo tipo de público. En este trabajo mostramos algunos aspectos educativos de las actividades formativas y de divulgación realizadas hasta el momento por el proyecto de innovación “Geodivulgar: Geología y Sociedad” en este espacio. Éstas se han desarrollado con alumnado de educación primaria, secundaria y personas con diversidad funcional intelectual y visual.

Abstract

Both tactile- (rocks, fossils and mockups) and visual material (divisions of geological time and explanatory panels of each period of the Earth's history), which are present in the surroundings of the Geobiological Clock of the Royal Alfonso XIII Botanical Garden, are very useful for the transmission of knowledge to all types of public. In this work we show some educational aspects of the formative and dissemination activities carried out so far by the innovation project “Geodivulgar: Geología y Sociedad” in this area. These actions were developed with students of primary and secondary education, and people with intellectual and visual functional diversity.

INTRODUCCIÓN

El proceso de aprendizaje es un proceso dinámico que se puede producir en cualquier momento y circunstancia de la vida. De hecho, la enseñanza formal tan solo posibilita una parte del aprendizaje de los individuos, que según sus circunstancias irán acumulando multitud de experiencias y vivencias que supondrán aprendizajes difícilmente abarcables en la formación reglada. A este respecto, algunos estudios han puesto de relieve que la enseñanza no formal y la informal, en determinadas circunstancias, pueden ser más eficaces que la enseñanza formal, al tener esta una serie de limitaciones temporales, espaciales y legislativas [1].

Estudios recientes muestran que las cuestiones científico-tecnológicas no figuran entre los temas de interés prioritario para gran parte de la ciudadanía [2]. Además, como viene siendo habitual durante las últimas dos décadas, el número de estudiantes que se interesan por estudios superiores en enseñanzas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés) ha ido disminuyendo, al mismo tiempo que algunos de los grados universitarios han experimentado tasas de abandono de entre el 37,4% y el 49,9% en estas enseñanzas [3]. Todas estas materias, y en especial la geología, por su insuficiente presencia en la educación reglada, deben aprovecharse de las posibilidades que brindan la enseñanza no formal e informal, valiéndose de diversos marcos para acercarlas a toda la sociedad. Entre otras, se pueden citar las actividades organizadas por instituciones y empresas durante las Ferias científicas, las Semanas de la Ciencia o la Noche Europea de los Investigadores. García-Frank y col. [4] sugieren que en la transmisión de conocimiento geológico, la educación no formal constituye un método muy efectivo de llegar a la ciudadanía. Además, estos autores inciden en la significativa contribución que supone la divulgación científica inclusiva valiéndose de las técnicas del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA). Según Alba-Pastor [5] la aplicación del DUA a la educación posibilita que una gran diversidad de personas con circunstancias individuales muy diferentes (por ejemplo, por capacidades, intereses y motivaciones diferentes, o por diferencias culturales, del nivel socioeconómico o de los contextos educativos) puedan acceder a una enseñanza eficaz.

En relación con la enseñanza de las ciencias, cualquiera que sea su ámbito de actuación (enseñanza formal, no formal, o la divulgación científica), pueden desarrollarse en ambientes interactivos, multisensoriales, creativos e inspiradores en los que los participantes puedan reflexionar de forma lógica sobre la información recibida y según van asimilando nuevos conceptos y adquiriendo nuevas aptitudes puedan adecuar sus actitudes [6]. Además, un aspecto destacable que subyace en las ideas planteadas, es que el conocimiento científico, y en concreto el geológico, sirve, por una parte, para alfabetizar a la ciudadanía en estas ciencias y, al mismo tiempo, para concienciarla de cara a una correcta valoración y protección del medio natural y del patrimonio geológico [7]. Según estos últimos autores, una de las ramas de la ciencia que ha mostrado ser más motivadora para el público general, y en especial para los más jóvenes, es la paleontología. Esta ciencia tiene un carácter multidisciplinar muy interesante para su uso como recurso didáctico. De hecho, este carácter multi- e interdisciplinar permite que esta ciencia sirva como nexo de unión entre la biología y la geología, ciencias impartidas conjuntamente en asignaturas de toda la Educación Secundaria Obligatoria y primer curso de Bachillerato [8]. Además, como se ha comentado, es importante que las ciencias permitan hacer ciudadanos más críticos y concienciados con la preservación del medio natural, siendo ésta una ciencia ideal para esta labor ya que es capaz de mostrar una perspectiva temporal, que es más complicada de proporcionar por otras ciencias. Según Trend [9] los tiempos remotos, los eventos catastróficos, las extinciones o los grandes cambios acaecidos en nuestro planeta son algunos de los temas que más interés despiertan en el alumnado de educación secundaria, siendo, por lo tanto, cuestiones cuya inclusión en la enseñanza a través de la paleontología ampliaría la motivación del alumnado. Como consecuencia, el alumnado no solo tendría mayor motivación por lo que se enseña sino que, además, tal inclusión podría ser desencadenante de la curiosidad por saber cómo son y cómo serán los cambios ambientales actuales y futuros [10], aspectos fundamentales en la concienciación sobre el desarrollo sostenible.

Esta temática se puede abordar tanto para una enseñanza formal como para eventos de divulgación realizando un recorrido por la historia de la Tierra y la evolución de la vida sobre ella. Este tópico ha sido estudiado y hay múltiples propuestas para su enseñanza [11]. Sin embargo, en muchas ocasiones falta una visión inclusiva en las propuestas, y en otras ocasiones surgen problemas organizativos relacionados con la limitación del número de asistentes que permite el espacio disponible (aula, museo, etc.).

En este trabajo exponemos algunas experiencias en torno a actividades formativas y divulgativas realizadas en el Real Jardín Botánico Alfonso XIII, en Madrid, un espacio extenso donde poder realizar actividades de muy diversa índole. Actualmente, hay una tendencia a que las propuestas didácticas destaquen la importancia de adaptar las actividades formativas para hacerlas accesibles a toda la ciudadanía, incluido el alumnado con diversidad funcional [12]. En este sentido, el uso de materiales multisensoriales no solo posibilita la transmisión de conocimientos a personas con diversidad funcional, sino que bajo la perspectiva del diseño universal permite su uso en las acciones formativas o divulgativas para público muy diverso. Así, los materiales táctiles y visuales, presentes en el entorno del Reloj Geobiológico del Real Jardín Botánico Alfonso XIII, son de gran utilidad en la transmisión de conocimientos a todo tipo de público.

Historia y características del Jardín Botánico

El proyecto original de la Ciudad Universitaria de Madrid fue encargado por el rey Alfonso XIII en 1927 a la Junta de la Ciudad [13]. En esta idea inicial se pretendía dar relevancia a la investigación y la divulgación de la botánica en el ámbito universitario. Hubo varios proyectos, pero ninguno llegó a ser ejecutado, hasta que finalmente, el proyecto y diseño presentados por el ingeniero agrónomo Fernando Gil-Albert, en 1997, fueron aceptados y ejecutados. Las labores de ejecución tardaron hasta que este espacio fue inaugurado en otoño de 2001 [14].

Este espacio singular alberga más de 1000 especies vegetales [14]. Las colecciones van variando, pero es común que aparezcan especies agrupadas en las categorías de flora regional, bosque de ribera, pinar de *Pinus sylvestris*, especies de coníferas, de fagáceas, de frondosas, las asociadas al huerto y las plantas acuáticas y de humedal [13, 14].

Los principales objetivos que persigue la institución con este espacio y el Jardín Botánico son [13, 14]: (1) conservación y estudio de la flora autóctona española, especialmente la de Madrid; (2) desarrollo de proyectos universitarios; (3) enseñanza y concienciación medioambiental: protección de la biodiversidad; (4) diversas actividades culturales: certámenes de escultura al aire libre, exposiciones temporales de diversa temática (cerámica, bonsáis, etc.), observación de fenómenos astronómicos con público general, conciertos y festivales (Madgarden Festival), etc. [15].

El Reloj Geobiológico

En 2014, en la rotonda central del jardín botánico, se instaló un “reloj geobiológico” gracias al asesoramiento científico de profesores de las facultades de Ciencias Biológicas y Geológicas. Además, el diseño y desarrollo de maquetas y reproducciones expuestas de forma permanente en este espacio fue realizado en colaboración con profesores y colaboradores de la Facultad de Bellas Artes [15].

La iniciativa se ha desarrollado dentro de las actividades impulsadas por el CEI (Campus de Excelencia Internacional) de Moncloa para la difusión de la ciencia y el acercamiento de la actividad universitaria a la sociedad, en colaboración con la Fundación Española de Ciencia y Tecnología mediante una subvención obtenida en la Convocatoria de Ayudas para el Fomento de la Cultura Científica y de la Innovación [15].

Este “reloj” muestra los periodos en que se divide la historia geológica de la Tierra, pintados con diferentes colores y la letra inicial del periodo sobre el pavimento. Estos colores son los que de forma general, y de común acuerdo entre los científicos, se utilizan para cada uno de estos periodos en geología (Fig. 1A). Además, la instalación consta de placas con gráficos explicativos de algunos acontecimientos ocurridos desde el origen del planeta: su formación y configuración, las primeras formas de vida, la explosión de biodiversidad del Cámbrico, el desarrollo de esqueletos, las extinciones masivas, la diversidad de los grupos de seres vivos más importantes y otros eventos geológicos de gran trascendencia para comprender la evolución del planeta. Junto a los gráficos hay un conjunto de reproducciones en resina de algunas de las formas de vida extintas o fósiles (vertebrados, invertebrados y plantas), así como rocas y minerales (Fig. 1A).

Además de los esfuerzos científicos y divulgativos que se han desarrollado para implementar este paseo por la historia de la Tierra y la vida, hay que destacar su carácter accesible. El espacio es abierto y con los gráficos y las reproducciones en posiciones fácilmente accesibles en silla de ruedas para personas con movilidad reducida o discapacidad motora. Además, ha sido diseñado para posibilitar la accesibilidad de personas con diversidad funcional visual. Así, las maquetas en resina permiten el reconocimiento háptico de determinados animales o plantas del pasado, y se han incorporado textos en braille que facilitan el recorrido por las placas explicativas.

Importancia de la formación y divulgación inclusiva en el proyecto Geodivulgar

Desde el año 2013, el proyecto de innovación “Geodivulgar: Geología y Sociedad”, concedido y renovado anualmente por la UCM, ha usado este espacio en diferentes actividades y visitas organizadas para alumnado de Educación Primaria y Secundaria, público general y personas con diversidad funcional. Este proyecto nació con el firme convencimiento de que desde la universidad se deben implementar actividades para dar a conocer las investigaciones que se realizan y contribuir a la alfabetización en Ciencias de la Tierra, un objetivo marcado por consenso entre las instituciones geológicas más importantes de España [16]. Una de las líneas de



Figura 1. A) vista general de parte del reloj geobiológico. La flecha negra muestra las pinturas del suelo que indican cada periodo geológico. Las flechas verdes indican algunas de las posiciones de paneles explicativos y muestras de fósiles o rocas. **B)** Un alumno participante en las Olimpiadas sostiene la hoja de examen y a su izquierda se puede ver la posición de muestras y paneles explicativos (flecha roja) sobre las que versa dicha cuestión de la prueba.

acción más importantes implementadas por el proyecto ha sido la divulgación para personas con diversidad funcional, de forma que cualquier contenido geológico pueda adaptarse y ser accesible a toda la ciudadanía. A este respecto, el uso de materiales multisensoriales no solo posibilita la transmisión de conocimientos a personas con diversidad funcional, sino que bajo la perspectiva del diseño universal permite su uso en las acciones formativas o divulgativas para público muy diverso.

En relación con lo expuesto, el material táctil (rocas, fósiles, minerales, maquetas y textos en Braille) y visual (divisiones del tiempo geológico mostradas en el suelo con colores y las placas explicativas de cada periodo de la historia de la Tierra), presentes en el entorno del Reloj Geobiológico del Real Jardín Botánico Alfonso XIII, son muy útiles en la transferencia de nociones científicas a todo tipo de público. Permiten mostrar aspectos relativos a la evolución de la Tierra (paleogeográficos, paleoclimáticos o del relieve) y a la aparición y evolución de la vida sobre la misma. Junto con los medios disponibles en el propio recinto del “reloj” se han usado materiales del proyecto, como mapas en relieve, rocas, fósiles o brújulas, con el objetivo de complementar el material necesario para cada actividad.

Finalmente, es importante destacar el propio hecho de poder salir del aula convencional, en el caso de alumnado de enseñanzas básicas y medias, o del centro donde realizan sus actividades de aprendizaje los colectivos con diversidad funcional, suponiendo un aporte de motivación, que se refuerza con la socialización que se produce durante la propia actividad. Ambos hechos generan un ambiente propicio para una divulgación efectiva, en este caso de las ciencias de la Tierra, de forma similar a lo que podría ocurrir en otras actividades, como pueden ser las visitas a museos o exposiciones. Sin embargo, al igual que ocurre cuando se realiza una salida al campo, en un espacio abierto como el formado por el jardín botánico y el reloj geobiológico, se pueden realizar actividades formativas y de divulgación con público muy numeroso, algo que sería prácticamente inviable en lugares cerrados como el aula, el stand de una feria científica o los pasillos de un museo.

ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Hasta el momento el proyecto Geodivulgar ha realizado varias actividades en este espacio. En este trabajo describiremos tres que fueron dirigidas a públicos diferentes. En 2015 se confeccionaron las pruebas de las Olimpiadas de Geología de Madrid en este espacio, de forma que los participantes (alumnos desde 4º de ESO

a 2º de Bachillerato) tuvieron que recorrer el recinto resolviendo pruebas y respondiendo preguntas relativas a la geología y la evolución de la Tierra. Posteriormente, se realizó una actividad divulgativa sobre la evolución de la vida para alumnos de 5º y 6º curso de Educación Primaria y para adultos con diversidad funcional intelectual del “Centro Psicosocial Menni” de Madrid, en 2017 y 2018 respectivamente.

Actividad con Primaria

En la Educación Primaria en España, los aspectos relativos a la geología son muy escasos, y en general están muy dispersos entre diferentes materias, como son las incluidas en las “ciencias naturales” y las “ciencias sociales”, que han ido recibiendo diferentes denominaciones con las diferentes leyes educativas implementadas en España. Las pocas nociones que pueden recibir al respecto no tienen relación con el origen y la evolución del planeta ni la evolución biológica, aunque sí hay algunos aspectos afines como las adaptaciones al medio de las especies. Sin embargo, algunos estudios [17] muestran que son estos alumnos algunos de los más interesados en temas como la paleontología (principalmente dinosaurios y grandes mamíferos extintos) o el funcionamiento del planeta (principalmente volcanes o terremotos). En este sentido, se puede aprovechar esta predisposición tan positiva para acercar al alumnado otros grupos de seres vivos (por ejemplo, las especies extintas), que pueden mediante algunas curiosidades sorprenderles y motivarles.

La actividad propuesta para trabajar con los alumnos de 5º y 6º cursos del colegio Decroly, de Madrid, pretendía mostrar grupos de invertebrados y plantas, para complementar los más espectaculares fósiles de los “tigres diente de sable” o los dinosaurios. Además, fue un objetivo de la actividad no solo mostrar los cambios del planeta, sino también cómo su funcionamiento como sistema puede afectar o verse afectado por los seres que lo habitan. En este sentido, es importante que desde edades tempranas se introduzcan conceptos que ayuden a tener un mayor conocimiento del funcionamiento sistémico del planeta y todas sus “esferas”. Solo así se podrá en cursos posteriores ampliar el conocimiento pormenorizado de las relaciones entre estas esferas, y generar actitudes de valoración y protección del medio que nos rodea.

Al ser pocos alumnos, se decidió trabajar en dos grupos de unos 8 alumnos, acompañados cada uno por dos monitores del proyecto. La metodología usada fue la expositiva alternando con preguntas dirigidas y el uso de los materiales didácticos para que los alumnos pudiesen inferir algunos aspectos como el tipo de alimentación (mirando los dientes de vertebrados) o las adaptaciones morfológicas al medio de plantas o animales invertebrados. Así, primero se plantearon algunas cuestiones generales para conocer las ideas previas de los alumnos (la edad de la Tierra, cuándo aparecieron los primeros seres vivos, etc.). Posteriormente, se realizó el recorrido por los paneles y las muestras expuestas en el “reloj” y cuando fue necesario se usaron materiales de Geodivulgar, por ejemplo, para mostrar fósiles de corales, braquiópodos o bivalvos, asimilándolos a animales que pudiesen encontrar actualmente en las playas. Finalmente, al llegar al cuaternario, se pidió a los alumnos que ordenasen temporalmente algunos eventos (formación de la Tierra, primeros seres vivos, los primeros reptiles, las primeras plantas terrestres o la aparición del hombre). También se insistió mediante algunas cuestiones en fallos recurrentes como la convivencia entre el hombre y dinosaurios no avianos.

Actividades con Secundaria Obligatoria y Bachillerato (Olimpiadas de Geología)

Al contrario de lo que ocurre con el estudiantado procedente de la Educación Primaria, que no suele tener muchos conocimientos previamente a la actividad, el alumnado que participa en las Olimpiadas de Geología está cursando 4º de ESO o alguno de los cursos de Bachillerato, por lo que ya parte con ciertos conocimientos básicos de geología. Además, la mayor parte de estos participantes cursan asignaturas optativas en las que al menos parte de la materia versa sobre geología, y algunos tienen clases de refuerzo fuera del horario lectivo para preparar esta competición científica.

Las características antes descritas permiten que se desarrolle una actividad competitiva, en la que no se realiza una explicación previa, y se pretende que los participantes sean capaces de resolver determinadas cuestiones, con límite de tiempo, y sin mayor ayuda que el trabajo en equipos de tres alumnos. Así, en marzo de 2015, se realizó la Olimpiada Geológica de Madrid, Guadalajara y Toledo en este recinto, acogiendo a más de 150 personas entre alumnado, profesorado y organizadores de la actividad.

Una de las características más importantes de la geología es el conocimiento y la asimilación de lo que supone el tiempo geológico, con la dificultad de escala que ello suele suponer para el estudiantado [18]. Sin embargo, este conocimiento es imprescindible y un espacio como el reloj geobiológico puede suponer una buena herramienta didáctica para su enseñanza, así como para la evaluación de los conocimientos del alumnado a este respecto. Una de las pruebas preparadas para esta localización tenía como hilo conductor los eventos, tanto bióticos (diversificación de especies, grandes extinciones, especies hegemónicas, etc.) como abióticos (orogenias, vulcanismo, cambios paleogeográficos, cambios climáticos, etc.), acaecidos en la Tierra desde su formación hasta la actualidad. Este hilo conductor facilitaba el reparto de cuestiones a lo largo del recorrido, valiéndose en muchos casos de los propios paneles explicativos y de las muestras presentes en el recinto (Fig. 1B). Según el análisis realizado por Fesharaki y col. [19], muchos de los aspectos que son recurrentes en las pruebas de las Olimpiadas de Geología podrían tener una fácil cabida como cuestiones planteadas en el entorno del “reloj”. A modo de ejemplo se puede citar la siguiente cuestión, respecto al Proterozoico, que tuvo que responder el alumnado:

“En este periodo se encontraron los primeros fósiles de células eucariotas surgidas, según la teoría endosimbionte de Lynn Margulis, por simbiosis de células procariotas. Teniendo en cuenta las características primitivas de la Tierra, ¿Cómo crees que serían las primeras células procariotas?” a) aerobias-heterótrofas; b) anaerobias-heterótrofas; c) aerobias-autótrofas; d) anaerobias-autótrofas.

Finalmente, esta actividad competitiva comparte ciertas similitudes con actividades de gamificación, que aún en caso de “evaluaciones” generan una motivación y un trabajo en equipo que son de gran interés en la preparación didáctica de actividades formativas y de divulgación de las ciencias [20].

Actividad con personas con diversidad funcional intelectual (Centro Menni)

Con los dos grupos ya descritos (Primaria y Secundaria) se ha intentado que los conceptos transmitidos sean lo más cercanos a lo que se prescribe en los currículos educativos de estas etapas educativas, y los diferentes monitores se han ceñido de forma aproximada a un guión de aspectos importantes a explicar. Sin embargo, en el caso de la actividad llevada a cabo con los usuarios del centro psicosocial Menni de Sainz de Baranda (Madrid), se concedió mayor libertad a los monitores, de forma que el objetivo principal era socializar, motivar e incluso sorprender a los participantes con los aspectos que más les interesasen. En la mayoría de los casos la metodología usada fue el descubrimiento guiado por el profesor/monitor a través de preguntas sobre cómo se imaginaban la vida y el planeta en el pasado. Uno de los aspectos que por común acuerdo se decidió que todos los monitores debían usar como su hilo conductor era la importancia de la biodiversidad y su relación con la geodiversidad. Esto permitió aprovechar al máximo la visita al jardín, donde se pueden observar, en el mismo entorno, diferentes especies biológicas, y diversos minerales y rocas. Teniendo en cuenta las características de este grupo, fue justamente el tratamiento igualitario en la enseñanza y la importancia de la diversidad para las sociedades humanas lo que nos permitió abordar la importancia de la biodiversidad y la geodiversidad para el planeta. Finalmente nos quedamos todos con el lema “la diversidad nos enriquece” de forma que los asistentes tuviesen en su mente que la extinción de cada especie o la destrucción de cada localización geológica puede desencadenar multitud de efectos secundarios.

Este tipo de actividades, es importante destacar que propician el contacto directo con la ciencia y los científicos, aspecto muy valorado por los participantes. Además, sirve para propiciar momentos de socialización con personas ajenas a su vida cotidiana, que de otra forma difícilmente se producirían [21].

CONCLUSIONES

Este trabajo ha mostrado que, en un mismo espacio y mediante actividades basadas en el origen y evolución de la Tierra y de la biosfera, pueden alcanzarse diferentes objetivos: refuerzo de parte de la materia de un curso; divulgación científica a diferentes colectivos; evaluación de conocimientos geológicos; etc. Los resultados indican gran aceptación por parte de los participantes y, en el caso del grupo con diversidad funcional, ha supuesto un tiempo de socialización en un ámbito diferente al centro de ayuda psicosocial al que asisten y, por tanto, ha sido una actividad motivadora más allá del aprendizaje de conceptos geológicos.

PERSPECTIVAS DE FUTURO Y SUGERENCIAS

Por sus características, este espacio permite la divulgación y enseñanza formal de aspectos biológicos y geológicos de forma integrada, algo que se ha de valorar muy positivamente. Al menos hasta 2º de Bachillerato todas las materias relacionadas con las ciencias naturales se dan con una parte biológica y otra geológica, y es necesario mostrar las interacciones entre ambas ciencias, o lo que es lo mismo la importancia de la parte biótica y abiótica del planeta que habitamos. Además, permite la celebración de eventos científicos con una amplia afluencia de público, que sería inviable en localizaciones en interiores.

De cara al futuro podría ser interesante la ampliación de las muestras geológicas por todo el recinto, así como paneles que profundicen en las interacciones entre las diferentes ramas de las ciencias naturales. La inclusión de estos materiales ampliaría la oferta háptica y permitiría un mejor disfrute por parte del visitante con diversidad funcional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos agradecer a todos y todas los monitores y monitoras que han intervenido durante estos años en las actividades del proyecto. Este trabajo y las actividades que en él se describen han sido realizadas y financiadas como parte de las actividades del proyecto de la Universidad Complutense de Madrid "Geodivulgar: Geología y Sociedad" durante las convocatorias INNOVA-DOCENCIA nº 21 (2015), nº 94 (2017-18), nº 55 (2018-19) y nº 83 (2020-2021).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] FALK, J.H., STORKSDIECK, M., DIERKING, L.D. (2007) Investigating public interest and understanding: evidence for the importance of free-choice learning. *Public Understanding of Science* 16, 455-469.
- [2] FECYT (2019) *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2018*. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- [3] HERNÁNDEZ ARMENTEROS, J., PÉREZ GARCÍA, J.A. (Dir) (2019). La Universidad Española en Cifras, 2017/2018. (CRUE) Universidades españolas.
- [4] GARCÍA-FRANK, A., GÓMEZ-HERAS, M., FESHARAKI, O., IGLESIAS ÁLVAREZ, N., GONZALO-PARRA, L. (2016) Science without Barriers: towards the take-off of Social Palaeontology. *Palaeontological Association Newsletter* 91, 50-55.
- [5] ALBA-PASTOR, C. (2019) Diseño universal para el aprendizaje: modelo teórico-práctico para una educación inclusiva de calidad. *Participación Educativa* 9, 55-66.
- [6] IGLESIAS ÁLVAREZ, N., GARCÍA-FRANK, A., FESHARAKI, O. (2017) Ideas y reflexiones para una divulgación científica efectiva. *BRSEHN Sección Aula, Museos y Colecciones* 4, 29-41.
- [7] ACEDO, A., FESHARAKI, O., GARCÍA-FRANK, A. (2020) Análisis comparativo de menciones al patrimonio paleontológico y otros tipos de patrimonio en los currículos de Educación Secundaria en España (periodo 1970-2020). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 33(2), 41-62.
- [8] FESHARAKI, O., TABOADA-TRUJOLS, I., SÁNCHEZ-PASTOR, N. (2019) Biominerales del cuerpo humano, propuesta interdisciplinar para la biología y geología de bachillerato. *Revista de la Sociedad Geológica de España* 32(1), 63-76.
- [9] TREND, R. (2007) Individual, situational and topic interest in geosciences among 11- and 12-year-old children. *Research Papers in Education* 20(3), 271-302.

- [10] FERMELI, G., MELÉNDEZ HEVIA, G., KOUTSOUELI, A., DERMITZAKIS, M., CALONGE, A., STEININGER, F., D'ARPA, C., DI PATTI, C. (2015) Geoscience teaching and student interest in secondary schools- preliminary results from an interest research in Greece, Spain and Italy. *Geoheritage* 7, 13-24.
- [11] FESHARAKI, O., RODRIGO, A. (2019) Aprendiendo la historia de la Tierra y la vida a través de fichas didácticas, una propuesta para el Museo Geominero. En Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Espigares M.P., Ros-Montoya, S. (eds.) *Libro de resúmenes de las XXXV Jornadas de Paleontología*, pp. 107-110.
- [12] FESHARAKI, O., GARCÍA-FRANK, A., IGLESIAS ÁLVAREZ, N., GÓMEZ-HERAS, M., MARTÍN-PÉREA, D., RICO, R. (2016) Diseño Universal y materiales multisensoriales en las actividades de divulgación de Geodivulgar con la Asociación Ciencia sin Barreras. *Geo-Temas* 16(1), 729-732.
- [13] RESEÑA HISTÓRICA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA Y DEL BOTÁNICO COMPLUTENSE. [En línea], disponible en: <https://www.ucm.es/jardinbotanico> [Consultado el 01/04/2021].
- [14] REAL JARDÍN BOTÁNICO ALFONSO XIII – UCM. [En línea], disponible en: http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/museos/integrantes/museos/MuseosUniversitarios/mucm/jardin_botanico_ucm/descripcionfondo.asp?pest=1 [Consultado el 01/04/2021].
- [15] (2014) CEI CAMPUS MONCLOA. [En línea], disponible en: <http://www.campusmoncloa.es/es/noticias/la-historia-de-la-tierra-y-de-la-vida-en-el-real-jardin-botanico-alfonso-xiii/274/> [Consultado el 01/04/2021].
- [16] PEDRINACI, E., ALCALDE, S., ALFARO, P., ALMODÓVAR, G.R., BARRERA, J.L., BELMONTE, Á., BRUSI, D., CALONGE, A., CARDONA, V., CRESPO-BLANC, A., FEIXAS, J.C., FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E.M., GONZÁLEZ-DÍEZ, A., JÍMEZ-MILLÁN, J., QUINTANILLA, L., RÁBANO, I., REBOLLO, L., RODRIGO, A., ROQUERO, E. (2013) Alfabetización en Ciencias de la Tierra. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra* 21(2), 117-129.
- [17] ROMERO-NIETO, D., FESHARAKI, O., GARCÍA YELO, B.A. (2014) Películas de trasfondo paleontológico: Análisis científico y propuestas didácticas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 22(2), 167-176.
- [18] PEDRINACI, E., BERJILLOS, P. (1994) El concepto de tiempo geológico: orientaciones para su tratamiento en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 2(1), 240-251.
- [19] FESHARAKI, O., CALONGE, A., LÓPEZ CARRILLO, M.D. (2020) The educational role of the Geology Olympiad in Spain: Promotion of geological heritage and geoconservation in youngsters. *Geoheritage* 12(4).
- [20] SANZ-PÉREZ, D., CAMBRONERO, I., GARCÍA-COBENIA, J., PECO, V.G., NEBREDA, S.M., OZKAYA DE JUANAS, S., FESHARAKI, O., GARCÍA-FRANK, A. (2020) "Evolutionary": divulgación y enseñanza de la paleontología mediante la gamificación. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 28(1), 125-136.
- [21] DE LA OSSA, L., TEJEDOR, N., FESHARAKI, O. (2012) Experiencias durante la construcción de un diorama del Mioceno de Somosaguas por parte de alumnos con necesidades educativas especiales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 20, 290-296.

EMERGENCIA CLIMÁTICA: UNA PROPUESTA PARA SU DESARROLLO EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

Andrés García Ruiz

Departamento de Didácticas Específicas. Área de Didáctica de Ciencias Experimentales. Universidad Autónoma de Madrid.

Dirección de correspondencia: andres.garcia.ruiz@uam.es

Palabras clave: emergencia climática; cambio climático; educación; curriculum.

Keywords: climate emergency; climate change; education; curriculum.

Resumen

La emergencia climática es una medida adoptada por diversas entidades, ciudades y universidades como respuesta al cambio climático. Implica la adopción de medidas para lograr reducir las emisiones de carbono a cero en un plazo determinado y ejercer presión política a los gobiernos para que tomen conciencia sobre la situación de crisis ambiental existente.

El objetivo 13 de los ODS30 reclama la adopción de medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. La lucha contra el cambio climático, tanto la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero como la adaptación al cambio climático, debe ser una prioridad para todos.

La ciencia ciudadana se basa en la participación del público en general en actividades de investigación científica en las que los ciudadanos contribuyen activamente, promover proyectos de investigación en los que los científicos junto con los ciudadanos construyen de forma colaborativa el conocimiento.

La actividad la hemos desarrollado con los alumnos de secundaria, la comenzamos hace mucho tiempo, realizando actividades relacionadas con el cambio climático y el desarrollo sostenible. Hemos realizado cálculos de la huella del carbono de nuestros alumnos, ecoauditorías en el centro, proyecto de patio escolar energético, campañas de reutilización de materiales domésticos...

Abstract

The climate emergency is a measure adopted by various entities, cities and universities in response to climate change. It implies the adoption of measures to reduce carbon emissions to zero within a specified period and to exert political pressure on governments to make them aware of the existing environmental crisis situation.

Goal 13 of the SDG30 calls for the adoption of urgent measures to combat climate change and its effects. The fight against climate change, both reducing greenhouse gas emissions and adapting to climate change, must be a priority for all.

Citizen science is based on the participation of the general public in scientific research activities in which citizens actively contribute, promoting research projects in which scientists together with citizens collaboratively build knowledge.

We have developed the activity with secondary school students, we started it a long time ago, carrying out activities related to climate change and sustainable development. We have carried out calculations of the carbon footprint of our students, eco-audits in the center, energy school playground project, campaigns for the reuse of household materials...

INTRODUCCIÓN

Vivimos una crisis climática planetaria, en la que el término “crisis” refleja todo el peligro que conlleva el cambio climático (CC) y la urgencia para atenderlo [1]. Una crisis que requiere una respuesta política consensuada a nivel internacional, un compromiso del poder corporativo y, por supuesto, una implicación de la ciudadanía en dos sentidos: una mayor participación social en las tomas de decisiones y como motor del cambio.

El cambio climático (CC) se ha convertido en una noticia cotidiana en los medios de comunicación. Cada vez con mayor frecuencia las notas sobre desastres en el mundo infiltran la conversación social y política. Ya sea que se trate de extensos incendios en la Amazonia, Australia, Canadá, California, Indonesia y El Congo; de inundaciones en Venecia, Japón y Francia, o de pérdida de glaciares en Groenlandia y en los Andes, el mundo ha adquirido un nuevo perfil en el que cada año se rompen los máximos de los registros de temperatura.

La información científica sobre la crisis climática compilada durante más de 30 años por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático [2] plantea escenarios bastante problemáticos para el siglo que transcurre, con marcadas diferencias regionales. En su escenario optimista, aquel que llama a permanecer dentro del intervalo de los 1,5°C con respecto a los niveles de 2010, “las emisiones antropógenas globales netas de CO₂ tendrían que disminuir en 45% aproximadamente de aquí a 2030 y ser iguales a cero en torno a 2050” [3].

El cambio climático y la emergencia climática son las mayores amenazas a la que se enfrenta la humanidad. Cada día asistimos a nuevas noticias sobre desastres naturales o el creciente aumento de la temperatura rompiéndose un récord tras otro. El calentamiento global de origen antropogénico ha transformado el clima (IPCC) y solo una rápida descarbonización de la economía como la que se propone en el tratado de París podrá limitar el calentamiento por debajo de los 1,5°C. El cambio climático está acabando con la vida en el planeta, provoca consecuencias en los más vulnerables y aumenta los riesgos para la salud tal y como se publica en el quinto informe de evaluación del IPCC sobre cambio climático.

Como señalan algunas organizaciones “necesitamos una competencia climática que prepare a las niñas y niños para abordar el cambio climático adquiriendo actitudes, conocimientos y comportamientos en pro de la sostenibilidad”. Todo esto tiene su base en la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de forma especial en los ODS 4 y 13 que dicen:

ODS 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.

El punto 4.7 señala que, de aquí a 2030, debe asegurarse que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible.

ODS 13: Acción por el clima. El punto 13.3 señala que es necesario mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.

Las estrategias para afrontar la crisis climática, tal como señalan Meadows y col. [4], deben enseñarse desde tres perspectivas: en relación con el objetivo, de mitigación o adaptación; con su implicación, individual, colectiva e institucional; y con su alcance, local o general. Englobando todo ello, se deben conocer diferentes modelos o paradigmas de desarrollo para su implantación: el modelo vigente, el de desarrollo sostenible, impulsado por las instituciones y organismos políticos internacionales, y que defiende un crecimiento económico ligado a la conservación ambiental; otros modelos como el de “crecimiento cero”.

Consideramos que fomentar la implicación ciudadana, donde la educación para el cambio climático desempeña un papel necesario, no puede quedar relegada a la educación no formal, a campañas de educación ambiental que tienen un carácter puntual y que dependen de fondos públicos para su realización. Educar para el CC debe ser una prioridad también en la educación formal, en las aulas, cuyas enseñanzas tiene la consideración de conocimiento legítimo para el alumnado y sus familias.

La población adolescente representa un público clave en la construcción de la preocupación colectiva por el CC [5]. Tiene un papel relevante en el presente a través de sus decisiones de compra, de su influencia en la dinámica familiar o en su implicación en movimientos estudiantiles, como se ha demostrado recientemente con el movimiento *Fridays for Future*.

PROPUESTA CURRÍCULO PARA ENSEÑANZA SECUNDARIA

Al igual que algunas organizaciones como *Teachers for future Spain*¹, pensamos que la propuesta de “*Currículo para una educación ecosocial frente a la emergencia climática*” es urgente y necesaria para transformar el sistema educativo y poder afrontar la emergencia climática. Consideramos que es el momento idóneo, ya que se está trabajando en los decretos que desarrollarán la LOMLOE y se podría introducir de una forma adecuada. Existen varias propuestas de curriculum para desarrollar la emergencia climática en la escuela; nuestra propuesta es la siguiente:

- Introducir los principios de la educación ambiental en la actividad docente.
- Implementar metodologías activas e investigativas en la práctica docente.
- Fomentar la vinculación del centro y la comunidad educativa con el entorno.
- Incorporar temas de sostenibilidad y crisis climáticas en el proyecto educativo y currículo de las asignaturas y/o materias.
- Trabajar de forma transversal los temas de sostenibilidad y crisis climática.
- Conseguir un cero “ecológico” con cero emisiones.
- Implantar y desarrollar auditorías ecológicas en los centros.
- Fomentar usos de consumos sostenible.
- Declarar el centro como “centro de emergencia ecológica.”
- Desarrollar un plan de formación, actualización y capacitación del profesorado para la emergencia climática y la transición ecológica, ya que en la actualidad buena parte del profesorado no está formado para afrontar la educación en sostenibilidad.

Por otro lado pensamos que entre las características que debe tener un curriculum ecosocial frente a la emergencia climática se encuentran:

- El currículo ha de ser transversal, acorde a la educación para la transición ecológica. Deben desarrollarse metodologías activas como aprendizaje basado en proyectos, en retos y cooperativo.
- El currículo debe estar comprometido con la ineludible transición ecológica que apuesta por una sostenida reducción de la huella ambiental.
- El nuevo curriculum no puede olvidarse del enfoque ecosocial, ya que debe tratar los vínculos entre la crisis medioambiental y la justicia social, la justicia Norte-Sur y sus consecuencias en la calidad de vida de una Humanidad global.

Entre las propuestas organizativas de los centros para conseguir ser centros comprometidos con de emergencia climática están:

- Debemos definir e incorporar una nueva competencia medioambiental específica que se añada al conjunto de las ocho competencias clave actualmente establecidas por la U.E. y nuestro sistema educativo (comunicación lingüística; matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología; digital; aprender a aprender; sociales y cívicas; sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor; conciencia y expresión culturales).
- Crear la figura del coordinador ambiental en cada centro educativo (colegio e instituto), que coordine, supervise y potencie las líneas organizativas y pedagógicas del centro.

¹ <https://teachersforfuturespain.org/propuesta-curriculo>

- Los centros deben adoptar políticas y procedimientos coherentes con la emergencia ambiental (política de compras de baja huella ambiental, optimización de los recursos, reducción y aprovechamiento de residuos, uso de recursos energéticos y naturales dentro del centro).

El cambio climático encarna un escenario de controversia inédito en la teoría del currículum contemporáneo y sitúa a los educadores en nuevos escenarios profesionales. Debe elaborarse una nueva matriz de planificación curricular debe construirse –como dispositivo para rearticular la actual totalidad desorganizada– desde los aportes de los tres ejes de la hélice social, científica y política [6].

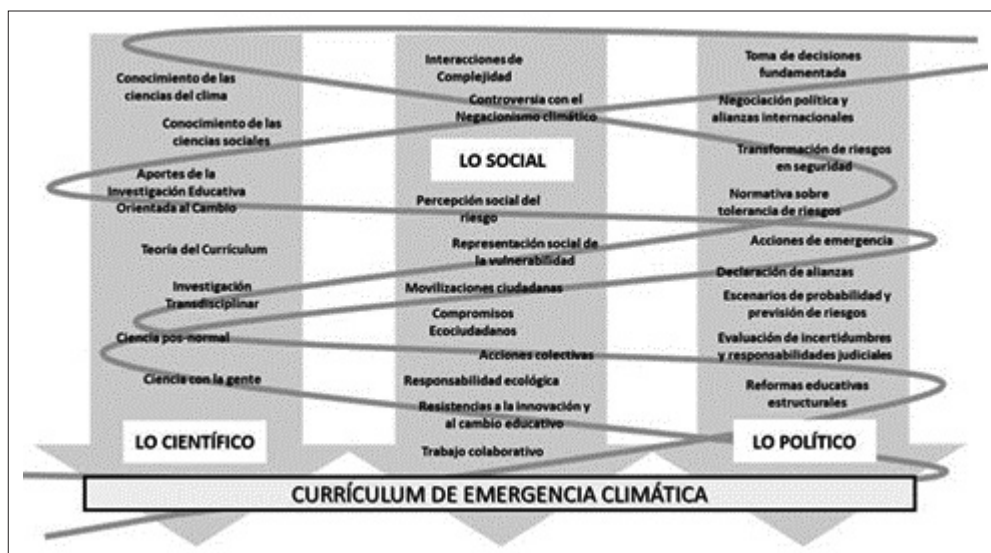


Figura 1. Matriz epistémico-pedagógica de triple hélice sobre cambio climático
Fuente: ref. [6]

Un currículum de emergencia concebido desde esa crítica supone:

- Reforzar solo la alfabetización sobre el clima: dejar de considerar el cambio climático como un tema para convertirlo en un problema complejo y socialmente controvertido, que es preciso conectar con la vida cotidiana de las personas y las comunidades para contextualizarlo y convertirlo en significativo para sus vidas.
- Posponer las posturas críticas, que conduzcan hacia un ambientalismo blando, donde se prioricen solo algunos cambios de vida como reducido fomento del empleo de coches híbridos y lámparas ecoeficientes, así como la separación de residuos domésticos.
- Aplazar las decisiones individuales y colectivas mediante la minimización del sentimiento de urgencia que dimana del conocimiento científico disponible.

PROPUESTA DE ACTIVIDADES PARA DESARROLLAR UN CURRÍCULO DE EMERGENCIA CLIMÁTICA

I.- Análisis de la situación del alumnado frente a la emergencia climática.

Con esta actividad pretendemos buscar y analizar las causas de la emergencia climática, reflexionando sobre las acciones necesarias para atenderla.

Debemos desarrollar contenidos relacionados con las emisiones de CO₂ y el calentamiento global.

Podemos plantear preguntas como:

- ¿Cómo está cambiando el clima?
- ¿Qué opinas sobre la previsión del calentamiento global?
- ¿De dónde provienen la mayoría de las emisiones de CO₂?

2.-¿Qué sabemos de la eco dependencia?

Esta actividad plantea identificar las vinculaciones entre la emergencia climática, la pérdida de biodiversidad y la inseguridad de la salud global.

Los contenidos que debemos desarrollar con esta actividad son:

- Eco dependencia e interdependencia.
- La biodiversidad en peligro.
- Modelo de salud planetaria
- La zoonosis y sus consecuencias.

Comenzaremos con un ejercicio que permita conectar con la eco dependencia y la interdependencia.

Seguidamente realizaremos una puesta en común sobre como la emergencia climática golpea de forma directa el nivel de salud de los ecosistemas y por consecuencia el nivel de salud humana: guerras, migraciones desertificación, contaminación y aumento de temperaturas.

Por último, podemos pedir a los alumnos que expongan de forma cooperativa y gráficamente las conexiones y efectos del clima sobre la salud global.

3.- Pasamos a la acción.

Podemos comenzar con la técnica del debate silencioso. Esta técnica consiste en crear un debate calmado y tranquilo con un lenguaje diferente al hablado normalmente.

Colocamos diversos papeles en las paredes y realizar algunas preguntas. El alumnado va pasando y escribiendo su visión sobre preguntas como:

- a) ¿Cómo definirías la emergencia climática?
- b) ¿Qué retos te plantea abordar la emergencia climática?
- c) ¿Qué idea consideras que es prioritaria?
- d) ¿Cómo te has sentido durante las diversas actividades?
- e) ¿Qué dudas o preguntas te planteas?

4.- Estudio del cambio y la emergencia climática desde un enfoque CTSA.

El cambio y la emergencia climática son dos de los problemas ambientales más preocupantes que enfrenta nuestro planeta hoy en día, por las graves consecuencias que tiene en todos los ámbitos, natural, social, económico, cultural, entre otros.

El enfoque CTSA ha irrumpido en la educación como un movimiento preocupado por responder a la falta de alfabetización científica, tecnológica y ambiental de los ciudadanos, a través de propuestas educativas novedosas cuya finalidad es construir no sólo conocimientos, sino valores y actitudes que favorezcan la participación ciudadana en la evaluación y el control de las implicaciones sociales y ambientales.

Un ejemplo de actividad que proponemos con este enfoque es la siguiente: elaborar un mapa mental sobre el cambio climático, considerando los siguientes indicadores: identifica las causas del cambio climático; escribe las consecuencias/manifestaciones del cambio climático en la región; identifica factores que inciden en el cambio climático en tu localidad o ciudad; ilustra el mapa mental con imágenes.

5.- Cálculo de la huella ecológica y ambiental del carbono

Los cálculos de la huella ecológica y ambiental del carbono son actividades que se realizan con los alumnos desde hace tiempo y que sirven para ver su implicación de vida para un planeta sostenible [7].

Los conceptos de huella ecológica y huella de carbono no son opuestos entre sí.

Las diferencias entre estos dos conceptos pueden complementarse, formando una descripción más robusta de la demanda de la humanidad en los ecosistemas de nuestro planeta y las presiones interrelacionadas del cambio climático en los ecosistemas naturales.

La huella ecológica mide qué cantidad de recursos consumimos y generamos de desperdicios y lo compara con la rapidez con que la naturaleza puede absorber estos desperdicios y generar nuevos recursos. Compara la de-

manda humana sobre la naturaleza con la capacidad de la Tierra para regenerar recursos. También mide los activos ecológicos que requiere una población determinada para producir los recursos naturales que consume y para absorber sus residuos, especialmente las emisiones de carbono.

Existen varias calculadoras de la huella ecológica, entre ellas se encuentra la de “vida sostenible”², consideramos que adecuada para su implementación en secundaria, ya que es fácil de utilizar.

La huella de carbono contabiliza las emisiones directas de CO₂, como las que resultan de la combustión de combustibles fósiles en la fabricación, calefacción y transporte, así como las emisiones indirectas, como las requeridas para producir la electricidad asociada con los bienes y servicios consumidos. En ocasiones, el concepto de huella de carbono a menudo también incluye las emisiones de otros gases de efecto invernadero GEI, como el metano, el óxido nitroso o los clorofluorocarbonos (CFC), haciendo la equivalencia a CO₂.

La finalidad principal de averiguar la huella de carbono es poder reducirla y en caso de no ser posible, compensarla.

Al igual que en el caso anterior, existen varias calculadoras para utilizar; nosotros hemos utilizado varias a lo largo de nuestros estudios y recomendamos la de Cátedra de Ética Ambiental de la UHE³.

Esta la consideramos como más adecuada para su uso con alumnos de secundaria, ya que se acerca más a la vida real del alumnado.

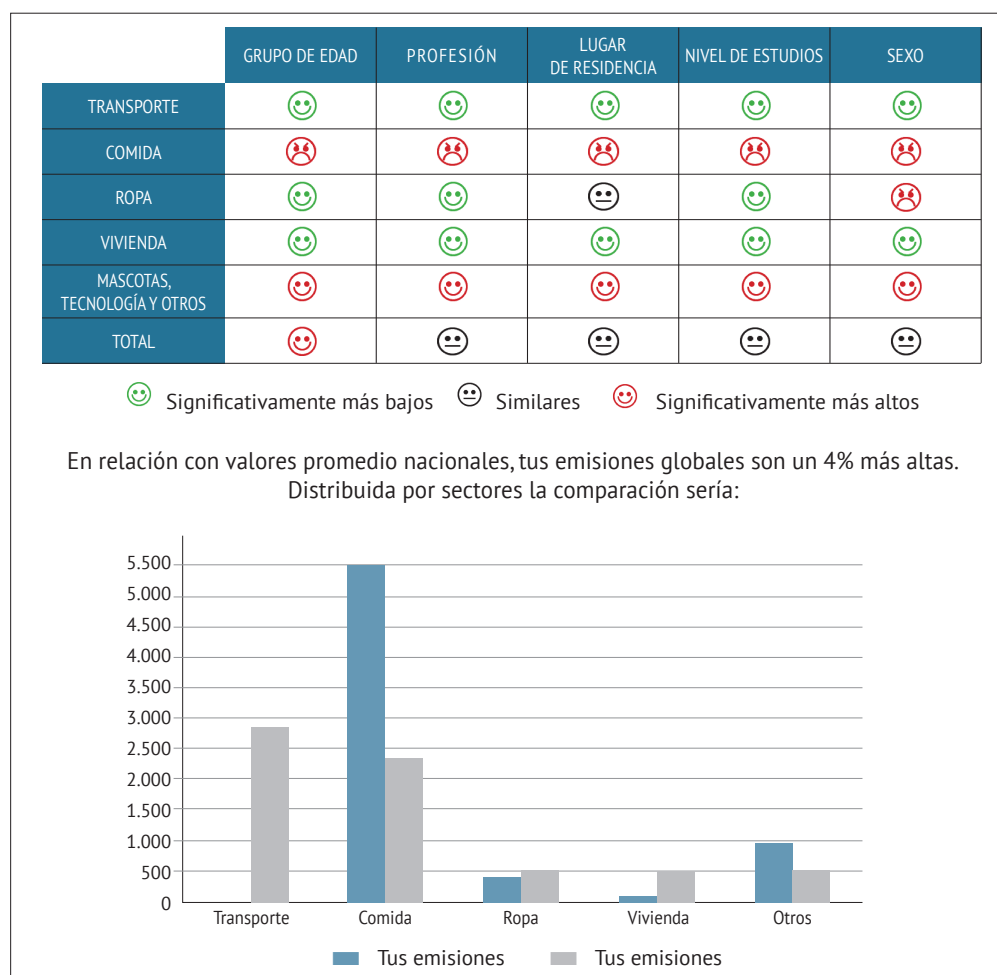


Figura 2. Ejemplos de respuestas de alumnos en la calculadora de la huella de carbono.

² <https://www.vidasostenible.org/huella-ecologica/>

³ <https://huellaco2.org/tuhuella.php>

Dado que hemos realizado la actividad de cálculo de la huella de carbono antes y después de la pandemia, hemos comprobado que esta ha influido en prácticamente todos los casos, debido al cambio de hábitos que hemos tenido.

Hemos seleccionado un ejemplo de cálculo de esta huella en un alumno:

Datos: Mediante el uso de las plataformas proporcionadas para el cálculo de la huella de carbono diario personal, he aproximado mi impacto a los siguientes datos:

- Huella de carbono de un día normal $\sim 19 \text{ kg CO}_2$
- Huella de carbono de un día de confinamiento $\sim 12,7 \text{ kg de CO}_2$
- Huella de carbono de un día de confinamiento (huella CO_2) $\sim 13,3 \text{ kg de CO}_2$ Estos cálculos son aproximaciones del uso de energía, gas y comida que prácticamente no varían entre un día y otro, y el uso de transporte, que en el primer caso lo uso diariamente mientras que en el segundo solo dos veces semanales (ida y vuelta) para acudir a mi puesto de trabajo.

Como hemos señalado anteriormente se observa cómo sus valores han sufrido variaciones negativas, debido a los cambios en los hábitos diarios.

6.- Controversia socio-científica sobre la emergencia climática

La controversia científica es un debate sustentado y público entre la comunidad científica en la que los argumentos son basados en evidencia.

Es una discusión entre dos o más personas que presentan opiniones contrapuestas sobre un determinado tema o cuestión. Existe un diseño generador de diferentes razonamientos con una clara discrepancia entre los diferentes participantes en el debate.

Las controversias causan progreso en la ciencia por medio del fomento de la investigación en el tema en discusión.

Resulta importante exponer que una controversia socio-científica consiste en estudiar la relación entre las temáticas de controversia que aparecen en los medios de comunicación y en la literatura didáctica, posibilitando su uso en el contexto escolar.

Este tipo de actividades se puede realizar en el aula para tratar de una forma indagatoria, temas actuales y científicos [8].

Dado que el cambio y la emergencia climático son temas científico actuales y controvertidos, normalmente los hemos tratado en el aula, utilizando esta metodología.

Las controversias presentan ciertas características [9]:

- No quedan confinadas a las preguntas iniciales.
- Se propagan rápidamente en extensión y profundidad.
- Pueden adoptar una posición en conflicto diametralmente opuesta a la inicial.
- Cuestionan presupuestos fácticos, metodológicos y conceptuales básicos de los participantes.
- Busca una interpretación de datos, lenguaje, teorías, métodos, cuestionamientos (hermenéutica).
- Dado el carácter dinámico, el cuestionamiento de los presupuestos es constante.

En esta ocasión, realizamos una controversia con alumnos de cultura científica de primero de bachillerato, partiendo de la noticia: “Europa se convierte en el primer continente en declarar una “emergencia climática”⁴.

La metodología utilizada fue presentar la noticia que íbamos a investigar e indagar. Después se dividieron los alumnos en grupos y cada uno se dedicó a indagar desde un punto de vista determinado y seguidamente hicimos una puesta en común.

⁴ <https://www.france24.com/es/20191128-europa-emergencia-climatica-ambiental>.

CONCLUSIONES

Consideramos que la emergencia climática, es un tema actualmente poco estudiado en la literatura didáctica, resultando ser una temática social muy importante.

Hemos observado, se incluye de manera parcializada y reduccionista, en los trabajos estudiados y se corre el riesgo de que el alumnado perciba este problema, que resulta tan complejo y urgente, solamente como recurrente.

Creemos necesario que las editoriales no se conformen con incluir el cambio climático entre sus contenidos, sino que hagan un esfuerzo por enseñar este problema desde su carácter sistémico, su complejidad y su interdependencia con el resto de sistemas socioambientales. Además, es necesario que se tengan en cuenta las representaciones sociales del alumnado en relación con este tema y sus barreras para el aprendizaje y el cambio de comportamientos.

Respeto a la construcción de un currículum de emergencia ha de convertirse en un campo de confrontación de argumentaciones basadas en evidencias de las ciencias del clima, en un escenario para aprender a convivir y tolerar las incertidumbres y para promover la construcción dinámica de consensos sociales a imagen y semejanza del trabajo de los científicos, sujetos a la relatividad y provisionalidad de los hallazgos y la transitoriedad de las medidas adoptadas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] KLINENBERG, E., ARAOS, M., KOSLOV, L. (2020) Sociology and the climate crisis. *Annual Review of Sociology* 46.
- [2] IPCC (2014) Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional Aspects. *Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge/Nueva York: Cambridge University Press.*
- [3] IPCC (2018) “Resumen para responsables de políticas”, *World Meteorological Organization-United Nations Environment Programme.*
- [4] MEADOWS, D., MEADOWS, L., RANDERS, J., BEHRENS, W. (1972) Los límites del crecimiento. Informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad. Nueva York: *University Books.*
- [5] STEVENSON, K., PETERSON, N., BONDELL, H. (2018) Developing a model of climate change behavior among adolescents. *Climatic Change* 151, 589–603.
- [6] GONZÁLEZ, E., MEIRA, P., GUTIÉRREZ, P. (2020) ¿Cómo educar sobre la complejidad de la crisis climática? Hacia un currículum de emergencia. *Revista mexicana de investigación educativa* 25 (87).
- [7] GARCIA RUIZ, A., CASTRO GUIO, M.D. (2011) La huella ecológica: ¿cuántos planetas necesitas para vivir? *Investigación y didáctica para las aulas del siglo XXI*, pp. 223-229.
- [8] GARCIA RUIZ, A., CASTRO, M.D. (2019) Las controversias socio científicas y su importancia en la cultura científica. *Experiencias didácticas en el ámbito STEM* 95-104.
- [9] ARRIBALZAGA, E. (2017) ¿Qué es una controversia científica? *Inmanencia* 26(1), 121-124.

GUÍA DE LOS ÁRBOLES DEL PARQUE TIERNO GALVÁN (VALDEMORO, MADRID)

Carlos J. Martín-Blanco¹ y Sofía Martín Nieto²

¹ I.E.S. Maestro Matías Bravo, Avda. Mar Egeo, s/n. 28341 Valdemoro (Madrid)

² I.E.S. Santa Teresa, C/ Fomento, 9. 28013. Madrid

Dirección de correspondencia: **biología.mmb@gmail.com**

Palabras clave: parque; clave dicotómica; aprendizaje-servicio; guía; árboles; botánica.

Keywords: park; dichotomous key; learning-service; handbook; trees; botany.

Resumen

En un trabajo anterior comentamos algunas actividades de investigación y de aprendizaje-servicio que realizamos con nuestros alumnos en parques urbanos. Ahora queremos dar a conocer uno de los resultados fruto de este aprendizaje-servicio. Se trata de la guía botánica de los árboles del parque Tierno Galván de Valdemoro (Madrid). En dicho proyecto participaron 25 alumnos de 3º de ESO y una alumna de Bachillerato Internacional del IES Maestro Matías Bravo.

Describimos el proceso de elaboración de la guía con todas sus labores parciales: parcelación del parque, recolección de material biológico, identificación de los ejemplares, documentación botánica de cada taxón, fotografiado de las especímenes y cartografía (del parque y de las especies). Todas estas tareas arrojaron sub-productos que se agruparon para la edición de la guía: colección de hojas y frutos de los árboles, colección de fotografías, clave dicotómica, ficha de las especies, mapas de distribución mundial de cada taxón, planos de situación en el parque, blog de los árboles del parque, glosario y bibliografía.

La integración de todos estos elementos ha dado lugar a un libro editado por el Ayuntamiento de Valdemoro, un blog conectado con el libro mediante códigos QR y un catálogo fotográfico publicado en la web *Natusfera*.

Finalmente, comentamos los resultados más llamativos sobre la biodiversidad del parque resumiendo el número total de especies, familias y ejemplares identificados en el parque. Hemos comparado el catálogo de árboles con la base de datos de GBIF dando una idea de la representatividad de algunas de las especies y destacando cuáles son las especies más repetidas y aquellas que consideramos más representativas de la flora mediterránea.

Abstract

We have shown in a previous paper some research activities that we have done with our students in urban parks. Nowadays, we want to present one of our insights. It's about a botanical handbook of trees from Tierno Galván Park (Valdemoro – Madrid). In this project 26 students participated, ranging from 15 to 18 years old.

We describe the elaboration process with all its partial tasks: park sectoring, plant collection, species identification, botanical documentation of each taxa, photographing and cartographing park and species. All these tasks yielded several subproducts joined in the handbook edition: fruit and leaves collections, photos collection, dichotomic key, species cards, worldwide geographical distribution maps, trees blog, glossary and bibliography.

All these elements were integrated in a book published by Valdemoro City Hall, a blog connected to the book by means of a QR code and a photographic check-list published in *Natusfera*'s web.

Finally, we comment the most surprising results about biodiversity summarizing the total amount of species, families and specimens identified in the park. We have compared our check-list with GBIF database in order to give an idea on how representative are some species, highlighting the most repeated species and those which we have considered more representative of Mediterranean flora.

ANTECEDENTES

En una publicación anterior presentamos un proyecto de aprendizaje-servicio para realizar en parques y jardines [1]. En él dábamos cuenta de su relación con el currículo y en particular con los estándares de aprendizaje en secundaria y bachillerato. En este trabajo planteábamos las fases en las que podían dividirse tareas parciales para el desarrollo del proyecto:

1. Asignación de zonas a los grupos.
2. Recolección de muestras biológicas.
3. Identificación con claves dicotómicas.
4. Búsqueda de información de las especies.

El proyecto pedagógico se desarrolló en el IES Maestro Matías Bravo de Valdemoro durante los cursos 2017/18 y 2018/19. Una primera parte del desarrollo corrió a cargo de 25 alumnos de la asignatura de Botánica Aplicada (3º de ESO). La segunda parte fue desarrollada como monografía de una alumna de Bachillerato Internacional.

El resultado final fue la elaboración de una guía de los árboles del parque Tierno Galván, publicada en 2019 por el ayuntamiento de Valdemoro [2].

ORIGEN DEL PARQUE

El parque Tierno Galván es el mayor de los parques urbanos de la localidad. Inicialmente ocupaba 56.000 m² que fueron ampliados finalmente a 120.000 m². Su ejecución costó cerca de 800.000 euros [3,4]. El proyecto original fue elaborado siendo alcalde D. José Huete López y el de ampliación durante el mandato de D. Francisco J. Granados Lerena.



Figura 1. Panorámica del parque Tierno Galván de Valdemoro.

ORGANIZACIÓN DE LA GUÍA

La guía consta de tres partes principales: una clave dicotómica, planos de ubicación de las especies y una colección de fichas taxonómicas. La clave dicotómica parte de una clave dicotómica general que remite a seis grupos diferentes de árboles. Cada uno corresponde a un grupo de especies con características comunes. En la medida de lo posible se utilizaron caracteres foliares, visibles la mayor parte del año. Sin embargo, en ocasiones se recurrió a caracteres florales o carpológicos para poder ofrecer una alternativa de identificación segura.

CLAVE GENERAL	
1. Hojas en forma de aguja (acícula) o escama	GRUPO A
1. Hojas en forma de lámina, simples o compuestas	2
2. Hojas palmeadas: con lóbulos que parten de una zona central (simples) o formadas por varios folíolos que parten de un punto central (compuestas)	GRUPO B
2. Hojas no palmeadas, ya sea simples o compuestas	3
3. Hojas simples, formadas por una lámina	4
3. Hojas compuestas, formadas por varias láminas	GRUPO C
4. Hojas opuestas (salen por parejas del mismo punto) o verticiladas (saliendo tres o más del mismo punto). Margen entero	GRUPO D
4. Hojas alternas (mirar en zonas medias de las ramas, no en el extremo)	5
5. Hojas con el margen entero (liso)	GRUPO E
5. Hojas con el margen dentado, serrado, lobulado o dividido	GRUPO F

Figura 2. Clave general de las especies catalogadas en la guía.

Para indicar la ubicación de los ejemplares se ha partido de un mapa general de parcelas. El parque fue sectorizado en 36 parcelas para facilitar la localización de los árboles. Cada una de las parcelas se representó ampliada y dentro de ella se ubicó cada uno de los ejemplares. Para ello, a cada especie se le asignó un número de identificación que es el que aparece representado en los mapas.

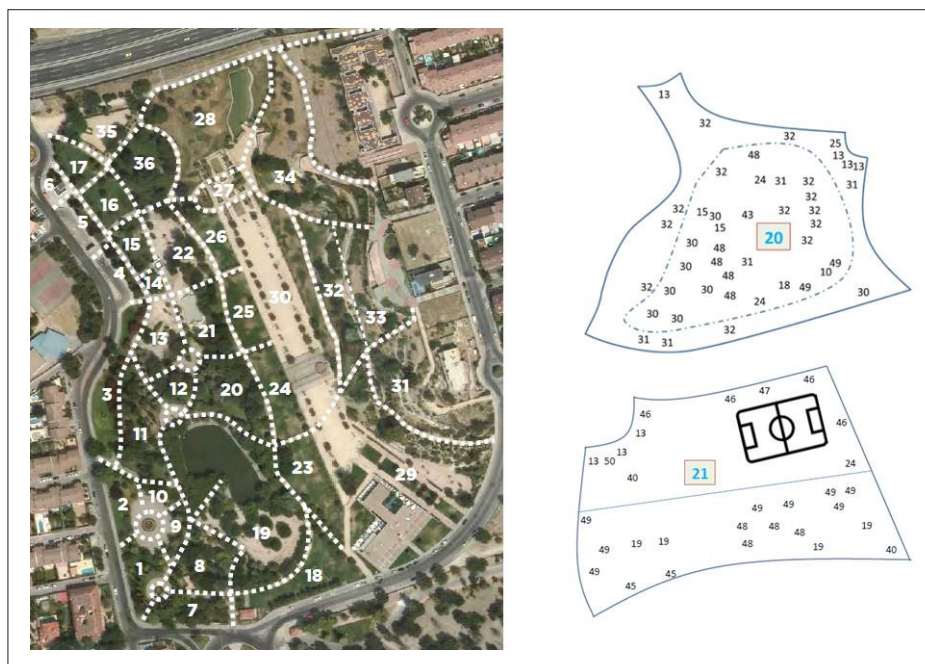


Figura 3. Sectorización general del parque (izquierda) y detalle de dos de las parcelas con la indicación de las especies presentes.

Las fichas taxonómicas tienen una estructura e información homogénea y constan de dos páginas por especie. La primera ofrece en diversos campos, información sobre el árbol. La segunda es una composición de fotografías originales con los caracteres más representativos de la especie. La información de los taxones presenta varios campos:

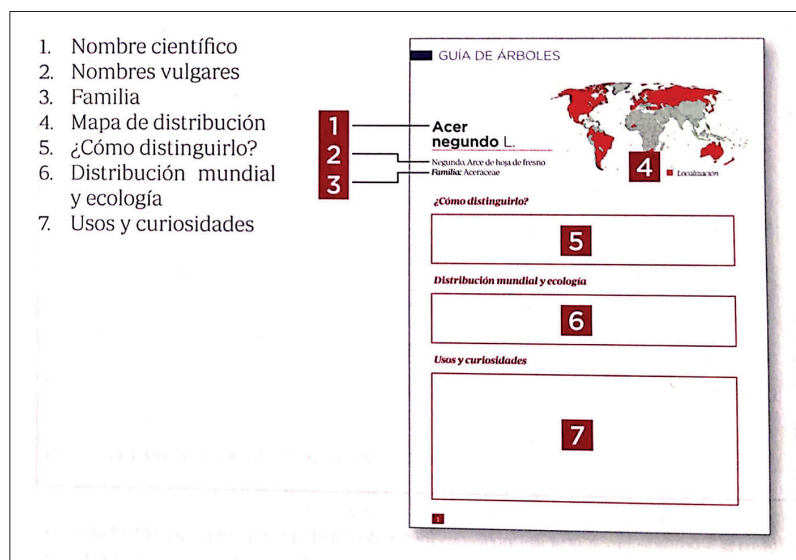


Figura 4. Organización de la información en las fichas taxonómicas.

FUENTES PARA LA ELABORACIÓN DE LA GUÍA

La base de la guía es el catálogo de las especies que se confeccionó a partir del material herborizado e identificado por los alumnos. Para la identificación de las especies se utilizaron algunas guías de árboles de uso común [5, 6] y la aplicación gratuita ARBOLAPP [7].

Para los aspectos taxonómicos, descriptivos y corológicos hemos seguido Flora ibérica [8] que es obra de referencia obligada. Las distribuciones que aparecen en los textos de las fichas se refieren a la ubicación de los árboles en sus lugares de origen, es decir, donde se les considera autóctonos. Esta distribución puede discrepar de la reflejada en los mapas, de elaboración propia. Los mapas se han confeccionado a partir de datos procedentes de GBIF [9]. En estas bases de datos se almacenan referencias procedentes de todo el mundo y son aportadas por numerosas instituciones científicas. En el momento de publicación de la guía, los datos de GBIF se extrajeron entre 1.082.163.484 registros correspondientes a 1354 instituciones. Los mapas fueron elaborados por los alumnos utilizando la aplicación Map Chart [10].

Para los datos sobre el uso de las diferentes especies así como otros aspectos llamativos de los árboles hemos utilizado, además de las obras ya citadas, las de CASTILLA & BLANCO [11], CASTILLA Y CASTILLO [12] y, sobre todo, el magistral libro de FONT QUER [13].

COLECCIÓN DE FOTOGRAFÍAS

Todas las especies del parque fueron fotografiadas para poder representar sus principales características taxonómicas. Para ponerlas a disposición del público usamos la aplicación NATUSFERA [14], dependiente de GBIF. El objetivo de esta aplicación es ofrecer a cualquiera, en cualquier lugar, acceso a datos sobre todos los tipos de vida de la Tierra. La publicación consistió en la elaboración de una lista de observaciones que contiene fotografías de todas las especies [15].

Para salvar las limitaciones que impone la edición impresa, hemos creado de forma paralela un blog en el que se aporta más material gráfico. Este medio nos permite actualizar la información y completar los datos

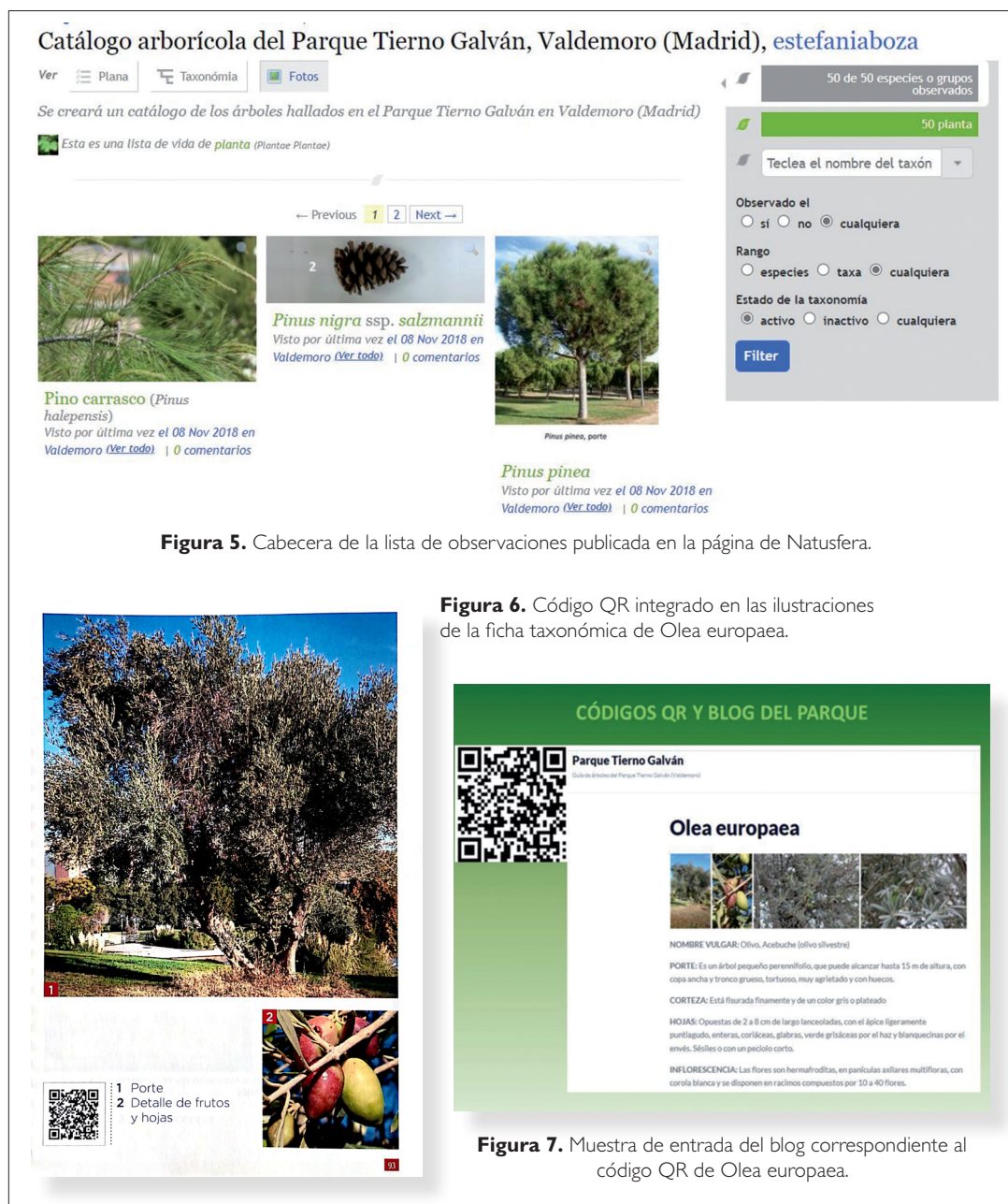


Figura 5. Cabecera de la lista de observaciones publicada en la página de Natusfera.

Figura 6. Código QR integrado en las ilustraciones de la ficha taxonómica de *Olea europaea*.



Figura 7. Muestra de entrada del blog correspondiente al código QR de *Olea europaea*.

de la guía. Hemos conectado el blog con la edición impresa mediante códigos QR que aparecen en las fichas taxonómicas. Los códigos redirigen directamente a la entrada de la especie correspondiente.

ESTUDIO DE LA BIODIVERSIDAD

En la literatura especializada se han propuesto diversas formas de evaluar la biodiversidad de un territorio. Los índices propuestos se han utilizado para la estimación en regiones naturales. Su uso en parques no tiene mucho sentido puesto que se trata de ecosistemas antrópicos y la diversidad vegetal está determinada de antemano por los diseñadores del parque. Sin embargo, desde un punto de vista didáctico, los índices de biodiversidad pueden servir para determinar

el grado de interés pedagógico de los parques. Este uso no está registrado en la bibliografía y no hemos podido comparar el parque Tierno Galván con otros parques. Los únicos datos que hemos encontrado son de espacios naturales que tienen índices menores al del parque. En la tabla de la figura 7 se recogen los resultados obtenidos:

RIQUEZA = 51	
Índice de Shanon-Weaver	H' = 4,70
Índice de Simpson	D = 0,05
Índice de Margalef	I = 7,37
Índice de equitabilidad	E = 0,84

Figura 8. Valores de la riqueza e índices de biodiversidad calculados para el parque Tierno Galván.

Podemos resumir numéricamente la biodiversidad arbórea del parque con los datos que hemos obtenido. Hemos censado en el parque un total de 896 ejemplares que se clasifican en 51 especies agrupadas en 23 familias. Las familias mejor representadas son las pináceas con seis especies dentro de tres géneros, las rosáceas con otras seis especies repartidas en cuatro géneros y las salicáceas con cuatro especies de dos géneros diferentes.

Para tener una idea del interés que pueden tener las especies representadas en el parque hemos buscado los porcentajes de citas que hay de cada especie en la base de datos de GBIF. De este modo hemos encontrado especies muy citadas en todo el mundo entre las que destacan *Acer pseudoplatanus* (15,31 %), *Picea abies* (12,97 %) y *Cornus sanguinea* (10,57 %). Estas especies, que parecen utilizarse frecuentemente como ornamentales en todo el mundo no son, sin embargo, muy habituales en nuestros parques (a excepción de la primera, que es más frecuente). Entre las especies que podemos considerar como raras por tener una baja incidencia en la base de datos hemos entresacado aquellas que se encuentran con porcentajes inferiores a 0,1 %. Aquí encontramos algunos árboles que son frecuentes en los parques españoles como *Cedrus deodara* (0,06 %), *Photinia serrulata* (0,03 %), *Thuja orientalis* (0,02 %) y *Eleagnus angustifolia* (0,001 %). Esta última especie resulta de especial interés en la localidad puesto que a la rareza que supone su presencia en comparación con los porcentajes de otras se le une el hecho de ser el árbol más emblemático de Valdemoro. En nuestro municipio se encuentra uno de los mejores bosquetes de cinamomos naturalizados de la península. Otros árboles son plantas escasas en nuestros parques y jardines como *Tilia tomentosa* (0,02 %) o *Malus x purpurea* (0,01 %).

Finalmente queremos destacar las especies más abundantes en el parque (por ello más fáciles de ver) entre las que se encuentran *Prunus cerasifera* var. *Atropurpurea* (72 ejemplares), *Magnolia grandiflora* (61 ejemplares), *Pinus pinea* (58 ejemplares), *Celtis australis* (57 ejemplares) y *Aesculus hippocastanum* (53 ejemplares).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MARTÍN NIETO, S., MARTÍN-BLANCO, C.J. (2019) Los parques y jardines: un lugar para la investigación y el aprendizaje servicio. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., BARATAS DÍAZ, A., BRANDI FERNÁNDEZ, A. (eds.) *Investigación y didáctica en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas*. Madrid, Santillana, pp. 297-305
- [2] MARTÍN-BLANCO, C.J., MORENO BOZA, E., MARTÍN NIETO, S., EXTREMO MARTÍN, T. (2019) *Guía de los árboles del parque Tierno Galván* (Valdemoro). Madrid. Ayuntamiento de Valdemoro.
- [3] ARCHIVO MUNICIPAL DE VALDEMORO (1991) *Proyecto de ejecución del parque Tierno Galván*. Ayuntamiento de Valdemoro.
- [4] ARCHIVO MUNICIPAL DE VALDEMORO (2001) *Proyecto de ampliación del parque Tierno Galván*. Ayuntamiento de Valdemoro.

- [5] LÓPEZ GONZÁLEZ, G. (2004) *Guía de los árboles y arbustos de la Península ibérica y Baleares*. 2ª ed. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa.
- [6] LÓPEZ LILLO, A., MIELGO, M. (1984) *Árboles de Madrid*. Madrid. Comunidad Autónoma de Madrid - Consejería de Agricultura y Ganadería.
- [7] ARBOLAPP-CSIC-FCYT (2018) Arbolapp. Guía de los árboles silvestres de la Península ibérica y las Islas Baleares. [En línea], disponible en <https://www.arbolapp.es/>. [consultado 15/11/2018].
- [8] CASTROVIEJO, S. (coord. gen.) (1986-2012) *Flora ibérica* 1-8, 10-15, 17-18, 21. Madrid. Real Jardín Botánico. CSIC.
- [9] (2021) Página de inicio de GBIF. [En línea], disponible en <https://www.gbif.org>. [consultado el 13/01/2020]
- [10] MINAS (2018) Mapchart.net. [En línea], disponible en: <https://mapchart.net/>. [consultado 15/11/2018].
- [11] CASTILLA LATTKE, F., BLANCO CASTRO, E. (2007) *Más de 100 árboles madrileños*. Madrid. Ediciones La Librería.
- [12] CASTILLA LATTKE, F., CASTILLO GORROÑO, J. (1999) *Árboles del Arboreto Luis Ceballos de San Lorenzo de El Escorial*. Madrid. Comunidad de Madrid - Consejería de Medio Ambiente.
- [13] FONT QUER, P. (1993) *Plantas medicinales. El Dioscórides renovado*. 14ª ed. Madrid. Editorial Labor, S.A.
- [14] CREAM & BINEO CONSULTING (2021) Natusfera. [En línea], disponible en <https://natusfera.gbif.es>. [Consultado 13/01/2020].
- [15] MORENO BOZA, E. (2018) Catálogo arborícola del Parque Tierno Galván. [En línea], disponible en <https://www.natusfera.gbif.es/observations/estefaniaboza>. [consultado 27/06/2021].

NUEVOS ENFOQUES METODOLÓGICOS Y DOCENTES PARA LA MEJORA DEL APRENDIZAJE EN EL ÁREA DE CIENCIA DE MATERIALES E INGENIERÍA METALÚRGICA

Pedro José Rivero Fuente

Departamento de Ingeniería, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Informática y de Telecomunicaciones (ETSIIT), Campus Arrosadía s/n, Universidad Pública de Navarra (UPNA), C.P. 31006, Pamplona, España
Dirección de correspondencia: pedrojose.rivero@unavarra.es

Palabras clave: entorno virtual de aprendizaje; plataformas digitales; enseñanza a distancia; materiales interactivos; aprendizaje activo; evaluación continua.

Keywords: virtual learning environment; digital platforms, on-line teaching; interactive materials; active learning; continuous assesment.

Resumen

Uno de los principales retos de la enseñanza universitaria es saber motivar e incentivar el aprendizaje de los estudiantes. La utilización de modalidades educativas a distancia garantiza una formación flexible y facilita la autonomía en el aprendizaje. En este trabajo se presenta la implantación y la evolución de la asignatura online *Functional Coatings* en el ámbito de la Ingeniería que ha tenido una excelente acogida por parte de los estudiantes debido a la diversidad de los materiales y su alto grado de novedad.

Abstract

One of the main challenges that must be faced by University is knowing how to motivate and encourage student learning. For this specific purpose the use of distance learning modalities offers flexible training and makes possible the autonomy in learning. In this work the implementation and evolution of an online subject (known as *Functional Coatings*) in the field of Engineering is presented, having been well received by students because of the diversity of the materials and its high degree of novelty.

I. INTRODUCCIÓN

El concepto de *e-learning* es una modalidad educativa que surge como una evolución de la educación tradicional con el principal objetivo de hacer frente a las nuevas demandas formativas que presenta nuestra sociedad [1]. En la bibliografía se puede conocer con múltiples terminologías tales como teleformación, aprendizaje electrónico, enseñanza virtual, formación on-line o formación virtual, entre otros [2]. En todos

ellos, el elemento común utilizado es el proceso educativo a distancia que está completamente virtualizado [3] y que se lleva a cabo en línea a través de las nuevas redes y herramientas de comunicación que nos proporciona las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) [4]. El uso de las TIC nos proporciona el canal idóneo para la comunicación y la distribución de los contenidos que se utilizan a nivel formativo [5]. La existencia de diferentes recursos tecnológicos facilita la comunicación entre el profesor y el alumno y, además, la comunicación de los alumnos entre sí [6]. Otro aspecto muy importante a tener en consideración es que esta modalidad educativa se articula a través de entornos virtuales de aprendizaje y plataformas digitales, en donde se desarrollan procesos educativos síncronos (la interacción entre el emisor y el receptor se produce en tiempo real) y asíncronos (la interacción no es en tiempo real ya que los participantes no necesitan estar conectados en el mismo tiempo real) [7].

El uso de metodologías *e-learning* en donde se produce una separación física total entre el profesor y alumno lleva asociado una serie de características intrínsecas que la diferencian de otros modelos educativos y formativos como pueden ser la docencia presencial o la docencia semipresencial [8]. Lo primero y más característico del *e-learning* es que se produce una total desaparición de las barreras espacio-temporales, facilitando una formación flexible y personalizada a la medida de cada usuario en función de sus necesidades. Además, el uso de estos entornos virtuales permite una autonomía en el aprendizaje, facilitando una comunicación constante y fluida con un acceso ilimitado al conocimiento [9]. En este sentido, este tipo de formación hace posible que los estudiantes sigan su propio ritmo de aprendizaje con la combinación de diferentes materiales de distinta naturaleza [10]. Otro factor esencial en este ámbito formativo es que el profesor desempeña múltiples roles ya que pasa de ser un mero transmisor de contenidos como ocurre en la docencia presencial a un tutor que orienta, guía, ayuda y facilita el proceso formativo. En este sentido, se pueden establecer diferentes roles: rol docente (impartición de una materia), rol tutor (orientación en el aprendizaje) y rol coordinador académico (organización y planificación del curso). Desde el punto de vista didáctico, según Boneu [11], el empleo de plataformas digitales ofrece el soporte tecnológico a profesores y estudiantes para optimizar las distintas fases del proceso de enseñanza-aprendizaje y para ello, cuentan con una serie de herramientas orientadas a distintos fines como son el aprendizaje, la productividad, a lograr la implicación de los estudiantes, de soporte o bien para la gestión del conocimiento en el ámbito educativo [12].

De acuerdo a lo comentado previamente, existen múltiples herramientas y metodologías que buscan un mejor aprendizaje para el estudiante en el ámbito universitario. De acuerdo al área de Ingeniería, donde se engloba la asignatura que se va a presentar este trabajo, cabe destacar el trabajo de Muller [13], donde se emplearon nuevos materiales de aprendizaje electrónico en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad de West Bohemia en Pilsen. Estos materiales se basan en proyectos que se aplicaron previamente en la práctica con el principal objetivo de ayudar a los estudiantes a conseguir un mayor dominio de los temas de ingeniería desde un punto de vista práctico. Un ejemplo característico es el presentado por Yang [14] en donde se analiza la percepción por parte de los alumnos de la enseñanza *on-line* a partir de cursos impartidos en blogs. El estudio de Gomis [15] desarrolla un modelo estilizado en la teoría de juegos para explorar la relación entre el profesor y el estudiante.

La sociedad del siglo XXI se caracteriza por veloces cambios tecnológicos y sociales. En este contexto, la Universidad debe formar estudiantes dotados no sólo de conocimientos, sino también de las competencias necesarias que les permitan afrontar los nuevos retos del mercado laboral. Para ello, existen múltiples acciones estratégicas dentro del ámbito de formación con el objetivo de definir el modelo educativo basado en metodologías docentes innovadoras. En este trabajo se presenta el diseño, puesta en marcha y evolución de la asignatura *on-line* Functional Coatings gracias al Proyecto de Innovación Docente denominado "Upna-online" que ha sido promovido por el Centro Superior de Innovación Educativa (CSIE) de la Universidad Pública de Navarra (UPNA). La herramienta de interacción con los alumnos es la plataforma MiAulario (Sakai) mediante la cual se establece un calendario virtual de organización temporal de la asignatura (entrega bloques temáticos, propuesta tareas, entrega tareas, chats, videoconferencias, foros de discusión, blog científico, trabajo de la asignatura y examen final), permitiendo un elevado nivel de interacción estudiante-profesor.

2. PRESENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

La asignatura Functional Coatings es de carácter optativo, se imparte en la modalidad de “English-Friendly”, el temario es facilitado en inglés a los alumnos y la comunicación alumno-profesor es más flexible (*friendly*), bien inglés, bien castellano, en función de las necesidades del alumno o si el alumno es Erasmus con la modalidad de *incoming*. Se imparte en el semestre de primavera en el Máster Universitario de Ingeniería Industrial dentro de la oferta académica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Informática y de Telecomunicaciones (ETSIIT). Cabe destacar que esta asignatura es de gran interés para iniciarse en el campo de los materiales inteligentes (*smart materials*) cuya funcionalización se logra a través de técnicas de modificación superficial. Las aplicaciones de esta nueva generación de materiales incluyen superficies activas y sensorizadas que son de gran utilidad en sectores mecánicos, electrónicos, ópticos, biomédico, alimentario, de energías renovables, de construcción y de obra pública.

2.2 INNOVACIÓN DOCENTE

En esta asignatura, se van a presentar los desarrollos y avances científico-tecnológicos de Proyectos del Plan Nacional o de carácter autonómico del Gobierno de Navarra que han sido liderados por miembros del grupo de Investigación de Ingeniería de Materiales y Fabricación y del Instituto de Materiales Avanzados y Matemáticas de la Universidad Pública de Navarra. Ejemplos característicos de estos proyectos aparecen resumidos en la Tabla I con el acrónimo del proyecto correspondiente. Todos ellos están relacionados con el diseño e implementación de recubrimientos funcionales para aplicaciones de interés tecnológico en diversos campos científicos: salud, biomédico, aeroespacial, construcción, energía, entre otros. Además, el avance y desarrollo en estos campos va a marcar un antes y un después con una auténtica revolución en el ámbito científico, y de ahí, la gran importancia, interés y transcendencia de esta asignatura.

Tabla I. Nombre de los proyectos de investigación con sus acrónimos correspondientes relacionados con la temática de la asignatura *on-line* de Functional Coatings

ACRÓNIMO	TÍTULO DEL PROYECTO
ARGITU	Recubrimientos fotocatalíticos depositados mediante MS-PVD y ES con capacidad de eliminación de virus y bacterias aplicables en el sector de automoción.
MAI-TAI	Multidisciplinary approach for the implementation of new technologies to prevent accretion of ice on aircrafts.
PHOTOACTIVE	Recubrimientos fotocatalíticos para la producción de hidrógeno por fotólisis.
ECOTOFOMAT	Desarrollo y aplicación industrial de recubrimiento nanotecnológicos para la eliminación de contaminantes sobre superficies de construcción.
OPTISENS	Optimización de sensores de fibra óptica mediante biofuncionalización y nanoestructuración.
BEST	Breakthrough en materiales avanzados para el desarrollo de sistemas de energía solar térmica y de almacenamiento térmicos.
BIOSURF	Obtención de recubrimientos protectores con funcionalización bactericida para materiales empleados en instrumental quirúrgico e implantes médicos.
AUTOPOLICOND	Desarrollo de polímeros termoplásticos conductores y con propiedades técnicas avanzadas para la inyección de piezas destinadas al sector del automóvil.
DECOBAC	Recubrimientos antibacterianos y decorativos funcionales.
HELADA	Recubrimientos contra la formación de hielo y la erosión en elementos aerodinámicos de aeronaves.
NANOCONS	Desarrollo de materiales y recubrimientos nanoestructurados para el sector de la construcción.

2.3 LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA

La plataforma tecnológica en un sistema de *e-learning* es el soporte básico para toda la actividad de aprendizaje, contiene los elementos de comunicación e interacción entre los usuarios del sistema y los recursos necesarios para adquirir el conocimiento. En esta asignatura se utiliza la plataforma SAKAI como entorno de interacción y aprendizaje de los alumnos. Cuenta con una serie de herramientas integradas que permite automatizar las acciones formativas, publicar los contenidos, materiales y actividades con la posibilidad de que el alumno se comunique entre sí e interactuar a través del aula virtual. Para el desarrollo de esta asignatura se usan herramientas de comunicación personal tanto síncrona (videoconferencia) como asíncrona (foros, chats, correo electrónico). En la **Figura 1** aparece un esquema representativo de las herramientas utilizadas en la plataforma tecnológica SAKAI.

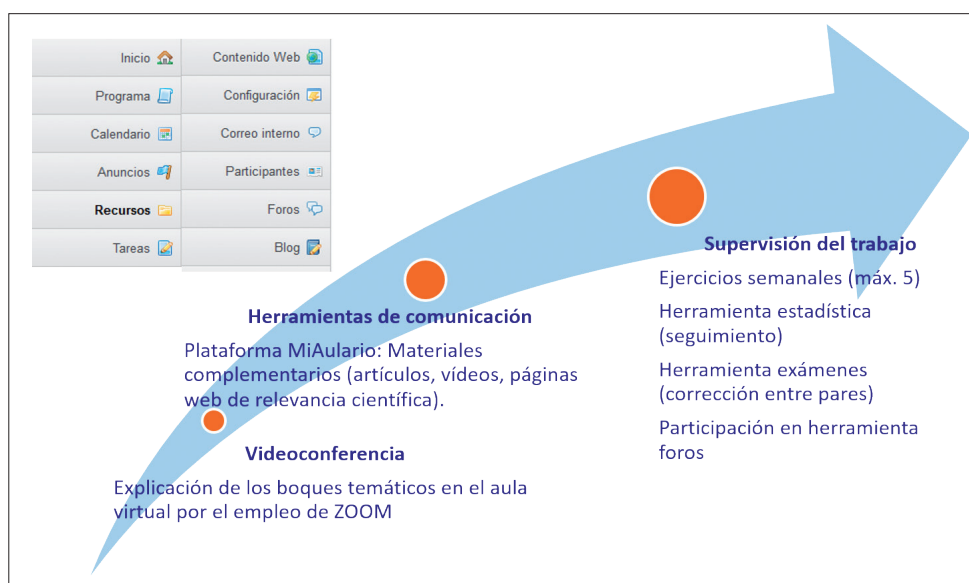


Figura 1. Herramientas específicas denominadas MiAulario que están integradas en la plataforma tecnológica de SAKAI y que son utilizadas para la implementación de la asignatura online de Functional coatings.

2.4 CALENDARIZACIÓN Y BLOQUES TEMÁTICOS

El establecer un calendario con todas las actividades programadas es la clave del éxito para que una asignatura *on-line* funcione a la perfección. Es fundamental realizar una planificación temporal para conseguir una acción docente eficaz. Hay que tener un papel activo en el control y desarrollo del curso para lograr los objetivos formativos y satisfacción del alumno. Al estar atentos al *feedback* nos permite establecer continuas áreas de mejora. En la página principal de la asignatura, los alumnos pueden acceder a la propuesta de calendario que establece el ritmo al que se van a ir entregando los diferentes bloques temáticos, las fechas de apertura y cierre de las tareas entregables, la participación en los debates en foros, comentarios en chats, realización de los exámenes y la entrega final de los trabajos.

En una asignatura *on-line*, además del contenido, es fundamental el impacto visual. En todos los bloques temáticos de la asignatura se ha cuidado al detalle la imagen, el colorido, el tamaño y la tipografía de la letra. En la **Figura 2** se puede apreciar las portadas de los nueve bloques temáticos correspondientes a esta asignatura *on-line*. En todos ellos, se ha trabajado con gran detalle el aspecto de la portada, dado que va a ser la llave de entrada para despertar en el alumno un grado de curiosidad, interés y motivación por la asignatura. Este efecto es muy estudiado en comunicación y se conoce como efecto primacía.

Además, también se ha trabajado con un segundo efecto muy importante en comunicación que es el conocido como efecto “recencia”, es decir, el saber dejar un buen sabor de boca en el alumno. Para ello, en la última diapositiva de la presentación, les invitamos a que accedan a link específicos de artículos de acceso abierto (open access), capítulos de libro, páginas web de empresas, vídeos de Centros Tecnológicos que están directamente relacionados con la temática del bloque estudiado. El objetivo fundamental es el ampliar los

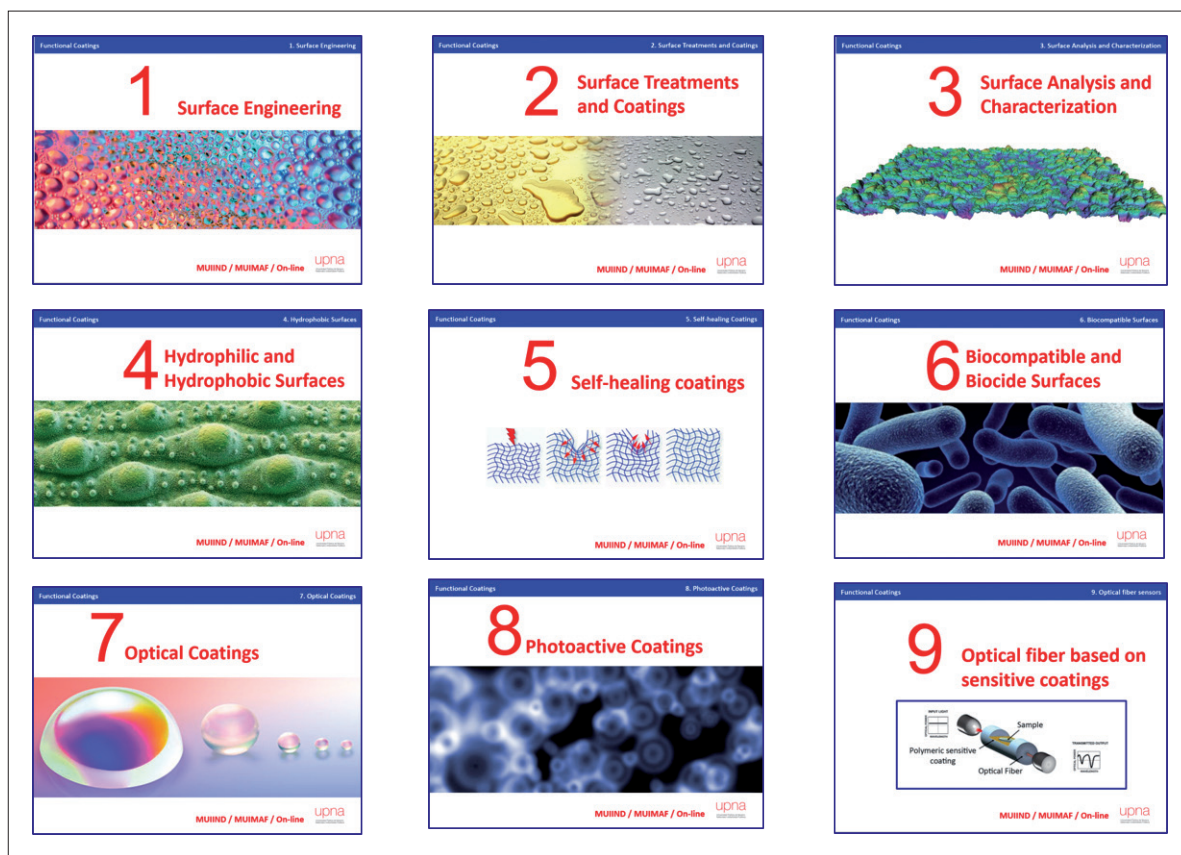


Figura 2. Portadas de los diferentes bloques temáticos de la asignatura online que se encuentran disponibles en la Herramienta de Recursos de la plataforma.

conocimientos y sedimentar los adquiridos. En la Figura 4 se puede apreciar la última diapositiva correspondiente al bloque temático 9, basado en sensores de fibra óptica, que está relacionado con los proyectos específicos presentados en la **Tabla I** (ej. OPTISENS). Para ello recomendamos, que se descarguen dos artículos científicos y un capítulo de libro que están relacionados con la temática de estudio y que luego hagan una lista preliminar en donde la tecnología de fibra óptica sea de gran interés en campos de investigación.

UNIT 9: LINKS AND TASKS

A) Browse the article “Micro and Nanostructured Materials for the Development of Optical Fibre Sensors” by C. Elosua et al. Follow this link: <http://www.mdpi.com/2073-4360/10/3/280>

B) Browse the article “Optical fiber Sensors based on Polymeric Sensitive Coatings” by P.J. Rivero et al. Follow this link: <http://www.mdpi.com/1424-8220/17/10/2312>

C) Browse the Chapter Book “Localized Surface Plasmon Resonance for Optical Fiber-Sensing Applications” by P.J. Rivero et al. Follow this link: <https://www.intechopen.com/books/nanoplasmonics-fundamentals-and-applications/localized-surface-plasmon-resonance-for-optical-fiber-sensing-applications>

D) Start to make a preliminary list of research lines applications where optical fiber technology is needed and its importance for specific sensing applications.

Figura 3. Aspecto final de la última diapositiva del bloque temático correspondiente a sensores de fibra óptica con el planteamiento de distintas actividades para ampliar el conocimiento en esta línea de investigación.

2.5 TRABAJO FINAL

A principio de curso se les propone a los alumnos una lista de 10 trabajos y se les da un plazo de un mes para que comuniquen por correo electrónico la elección de uno de ellos y el motivo de dicha elección. Todos estos trabajos están relacionados con el ámbito de los recubrimientos funcionales con campos de aplicación específicos para sectores muy diversos: automoción, medicina, energías renovables, arquitectónico, industria textil, medioambiente, pantallas táctiles, entre otros.

Una vez escogido el trabajo correspondiente, mediante la herramienta de tutorías virtuales con videollamada se realiza una tutorización personal de cada uno de los trabajos. Es muy importante tener una visión general de cómo se desarrolla el trabajo, manteniendo un contacto directo y frecuente con todos los alumnos y resolviendo los problemas que se presentan y las dudas de cualquier tipo a la hora de la realización del mismo. En todo este proceso se trabaja con cinco preguntas clave como las 5W del inglés (¿Qué?, ¿Para qué?, ¿Cómo?, ¿Cuándo? y ¿Dónde?) que van aplicar en el desarrollo de su trabajo correspondiente. A modo de ejemplo, si un alumno escoge el Trabajo relacionado con “Recubrimientos funcionales para el sector médico” (¿Qué?) se realizará una planificación en dónde dichos recubrimientos son de gran interés y cuáles son los tipos de recubrimientos funcionales que se pueden aplicar en ámbito quirúrgico (¿Para Qué?), la forma de obtener estos recubrimientos con una mayor durabilidad (¿Cómo?), el marco temporal de aplicación con la tecnología adecuada (¿Cuándo?), búsqueda de fuentes de información fiables en buscadores científicos de ámbito ingenieril (Scopus, Elsevier) con la acotación de palabras clave (¿Dónde?).

2.6 SISTEMA DE EVALUACIÓN

Los criterios de evaluación aparecen resumidos en la **Tabla 2**. Se divide en tres grandes bloques temáticos con un trabajo continuo y todos ellos son recuperables. Se realizan cuatro pruebas de seguimiento mensual con la herramienta de tareas, un examen tipo test con la herramienta examen con corrección automática y un trabajo final de la asignatura con una presentación en Power Point con voz.

Tabla 2. Criterios de evaluación de la asignatura *on-line* Functional Coatings que se divide en la entrega de Tareas (20%), Examen tipo test (30%) y Trabajo final de la asignatura (50%), respectivamente.

Actividad a evaluar	Forma de evaluación	Nota final (%)
4 Pruebas de seguimiento mensual	Evaluación a través de la herramienta tareas	20%
Examen final tipo test	Evaluación automática a través de la herramienta de Mi Aulario	30%
Trabajo en Word + ppt con voz o vídeo (opcional)	Entrega + exposición en vídeo del trabajo (opcional)	50%

3. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones derivadas de la implantación de esta asignatura *on-line* son las siguientes:

- Permite que los estudiantes vayan a su propio ritmo de aprendizaje.
- Promueve una formación flexible y personalizada a la medida de cada usuario en función de sus necesidades.
- Incrementa el grado de satisfacción del alumno.
- Favorece la interacción fluida y constante profesor-alumno.
- Existe comunicación bidireccional mediada entre docente y estudiante, y en algunos casos entre estudiantes entre sí a través de diversos recursos.

- Rompe las barreras de la distancia (formación especializada sin necesidad de trasladarse al sitio físico) con la información accesible de forma continua.
- Es una oferta educativa que prestigia a la institución que la imparte.
- Permite establecer áreas de mejora continua al estar atento al *feedback* proporcionado por los alumnos.
- Marca tendencia (está llamada a compartir escenarios con la formación presencial).
- Fortalece las competencias transversales del alumno (trabajo, disciplina, compromiso, orientación a resultados, flexibilidad cognitiva) que son muy demandadas en el mercado laboral.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] GROS, B. (2018). La evolución del e-learning: del aula virtual a la red. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21 (2), 69-82.
- [2] GARCÍA-PEÑALVO, F. J., SEOANE-PARDO, A. M. (2015). Una revisión actualizada del concepto de eLearning. *Décimo Aniversario. Education in the Knowledge Society*, 16(1), 119-144.
- [3] RIVERA-VARGAS, P., ALONSO-CANO, C., SANCHÓ-GIL, J. (2017). Desde la educación a distancia al e-learning: emergencia, evolución y consolidación. *Revista Educación y Tecnología*, 10 (1), 1-13.
- [4] AREA, M., SANNICOLÁS, B. (2017): Las TIC y las pedagogías del aprendizaje experiencial. *Comunicación y Pedagogía*, 299-300, 16-21.
- [5] CABERO, J., BARROSO, J. (2016). Formación del profesorado en TIC: una visión del modelo TPACK, *Cultura y Educación*, 28:3, 633-663.
- [6] AVELLO, R., DUART, J.M. (2016). Nuevas tendencias de aprendizaje colaborativo en e-learning. Claves para su implementación efectiva. *Estudios Pedagógicos XLII*, 1, 271-282.
- [7] RODENES, M., SALVADOR, R., MONCALEANO, G.I. (2013). e-learning: características y evaluación. *Ensayos de economía*, 43, 143-159.
- [8] SÁNCHEZ-VERA, M.M., SERRANO-SÁNCHEZ, J.L., PRENDES-ESPINOSA, M.P. (2013). Análisis comparativo de las interacciones presenciales y virtuales de los estudiantes de enseñanza secundaria obligatoria. *Educación XXI*, 16 (1), 351-374.
- [9] GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, N., GARCÍA-GONZÁLEZ, J.L. (2012). Metodologías participativas para la mejora del aprendizaje en educación superior: Un proyecto innovador con estudiantes de la Facultad de Educación. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 3 (5), 80-93.
- [10] AVELLO, R., DUART, J.M. (2016). Nuevas tendencias de aprendizaje colaborativo en e-learning. Claves para su implementación efectiva. *Estudios Pedagógicos XLII*, 1, 271-282.
- [11] BONEU, J. M. (2007). Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos. *Contenidos educativos en abierto. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, 4 (1).
- [12] CANTÓN, I., FERRERO, E. (2016). La gestión del conocimiento en revistas de educación. *Educar*, 52 (2), 401-422.
- [13] MÜLLER, E., GRACH, M., BEZDĚKOVÁ, J. (2015). New Concept in e-learning Materials Based on Practical Projects, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 176, 155-161.
- [14] YANG C., QUADIR, B., CHEN, N.S., MIAO, Q. (2016). Effects of online presence on learning performance in a blog-based online course, *The Internet and Higher Education*, 30, 11-20.
- [15] GOMIS-PORQUERAS, P., RODRIGUES-NETO, J.A. (2018). Teaching technologies, attendance, learning and the optimal level of access to online materials. *Economic Modelling*, 73, 329-342.

Ciencias 2.0: aplicaciones docentes de las TIC

APRENDER FÍSICA ANALIZANDO VÍDEOS CON TRACKER

Ernest Arnau Marco (1), Juan José Ruiz Ruiz (2), José Ramón Pintos Taroncher (3).

(1) I.E.S L'Alcalatén, C/ Músic Pere Moliner, 2, 12110 adjunts@gmail.com

(2) Centro Específico de Educación a Distancia de la Comunidad Valenciana (CEEDCV). Calle Casa Misericordia, 34, 46014 Valencia

(3) INTEF. Calle de Torrelaguna, 58, 28027 Madrid

Dirección de correspondencia: adjunts@gmail.com

Palabras clave: tracker; indagación; análisis; vídeo; ECBI; movimiento vibratorio armónico simple.

Keywords: tracker; examination; analysis; video; IBSE; simple vibratory harmonic motion.

Resumen

En este trabajo se muestra la utilización del programa de análisis de vídeos Tracker para la mejora del aprendizaje de la física utilizando el modelo de Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación o Investigación. Como ejemplo práctico se describe la aplicación en la enseñanza del movimiento circular, el movimiento vibratorio armónico simple y su combinación en el sistema mecánico Biela-Manivela.

Estas experiencias han sido utilizadas en el contexto de formación del profesorado recogiendo la opinión tanto de docentes como alumnado.

Abstract

This work shows the use of the Tracker video analysis program to improve physics learning using the Inquiry or Research-Based Science Teaching model. As a practical example, the application in teaching circular motion, simple harmonic vibratory motion and its combination in the connecting rod and crank mechanical system is described.

These experiences have been used in the context of teacher training, collecting the opinion of both teachers and students.

INTRODUCCIÓN

La utilización como recurso didáctico en el aula de los programas de análisis de vídeos permite (i) realizar actividades prácticas de mecánica de forma sencilla, rápida y con gran precisión (ii), estudiar situaciones reales próximas al alumnado que despierten su interés y motivación (iii), aplicar aspectos esenciales de la metodología científica como la experimentación y la toma y análisis de datos (iv) y la incorporación de las nuevas tecnologías a la práctica del aula.

Para facilitar los anteriores puntos se presentan unos materiales didácticos para la enseñanza de la Física elaborados para el profesorado de secundaria y coordinados desde el Centro de formación del profesorado (Cefire Ctem) de la Comunidad Valenciana. En estos materiales se utiliza el programa gratuito Tracker para el análisis de los vídeos en los que aparecen sistemas mecánicos.

Los cursos de formación de profesorado se realizaron desde una perspectiva de enseñanza de las ciencias basada en la investigación (ECBI) de forma que los participantes tuvieron que elaborar y presentar alguna secuencia de actividades aplicable al aula en la que utilizaban los contenidos y la metodología trabajados en el curso.

En este escrito se describe una propuesta para 1º de Bachillerato de Física y Química, en la que se trabajan de forma combinada los contenidos del movimiento circular uniforme y del movimiento armónico simple [1]. Se parte de un movimiento circular uniforme que se produce y se graba en el laboratorio para luego analizarlo utilizando las magnitudes lineales y angulares. Con posterioridad las componentes cartesianas de la posición lineal se relacionan con el movimiento vibratorio de un muelle helicoidal y, para finalizar, se estudia el sistema Biela-Manivela.

A lo largo de los cursos se han trabajado otros contenidos como movimientos rectilíneos uniformes y uniformemente variados, movimientos parabólicos, péndulo, choques, conservación de la cantidad de movimiento y de la energía.

OBJETIVOS

El principal objetivo del presente estudio es facilitar la incorporación del análisis de vídeos en la realización de actividades prácticas de mecánica en las asignaturas de Física y Química en ESO y Bachillerato. Para ello presentaremos materiales didácticos para la enseñanza de la Física, su posterior aplicación en la formación de los docentes y la puesta en práctica con el alumnado.

Por otra parte, se ha escogido, de entre las diferentes actividades prácticas trabajadas utilizando el programa Tracker y el marco metodológico de ECBI, el estudio del sistema biela-manivela, puesto que permite relacionar el movimiento circular uniforme y el movimiento armónico simple. Esta relación es utilizada frecuentemente en libros de secundaria como en Carrascosa [2] para obtener las ecuaciones del movimiento armónico sin necesidad de utilizar el cálculo integral o también, en algunos textos de Física general como Tipler, 1999 [3] para facilitar el aprendizaje de ambos movimientos.

EL PROGRAMA DE ANÁLISIS DE VÍDEO TRACKER

Desde hace tiempo existen programas de análisis de vídeo que permiten estudiar el movimiento en dos dimensiones de objetos. Estos programas establecen una relación proporcional entre los píxeles y la distancia; el tiempo se mide a partir de la frecuencia de los fotogramas. En el presente estudio se ha utilizado Tracker, pero existen otros programas para los análisis de vídeo, la mayoría de ellos comerciales.

Tracker es un programa libre y de código abierto, en continua revisión y actualización construido sobre la plataforma Java OSP. El autor, Douglas Brown, mantiene el acceso al programa actualizado vía web (<https://physlets.org/tracker/>) para diferentes sistemas operativos Windows, MacOS, Linux y on-line.

Junto a la diversidad de sistemas operativos y su facilidad de uso, Tracker presenta la ventaja de admitir gran variedad de formatos de vídeo. Además, incorpora un conjunto de herramientas que permiten extraer valores experimentales fotograma a fotograma, representación de los datos a medida que se obtienen, realizar el ajuste a diferentes tipos de funciones (rectilíneas, parabólicas, sinusoidales, exponenciales...) o las definidas por el usuario.

Por último, cuenta con un foro muy activo y hay gran cantidad de trabajos accesibles en Internet para diferentes niveles formativos.

CURSO DE FORMACIÓN DE PROFESORADO DE FÍSICA Y QUÍMICA

La formación continua del profesorado, entre otras cosas, ha de facilitar la introducción de nuevas metodologías y tecnologías en la práctica de la docencia. Por este motivo, y para facilitar el uso de programas de análisis de vídeo como Tracker, se han realizado cursos de Formación del Profesorado en la Comunidad Valenciana. Estos cursos que llevan por título “Actividades prácticas de Física con vídeo: análisis y modelización” son semipresenciales con la primera y última sesión presencial y el resto online utilizando la plataforma Moodle.

En la primera parte de la sesión inicial se trabajan los aspectos más técnicos de la instalación del programa y las instrucciones básicas para la elaboración de vídeos y utilización del programa Tracker. En la segunda mitad de la sesión inicial se muestran las características principales de uso del programa a partir de una actividad sencilla, consistente en grabar el movimiento de una pelota elástica que se deja caer libremente. La tecnología actual permite, de forma simple y rápida, realizar todo el proceso (grabación del vídeo, exportación y análisis) en un corto período de tiempo asumible en una clase de 50/55 minutos.

Este primer vídeo, realizado con los profesores en la sesión inicial, se aprovecha para la primera propuesta de actividad en la plataforma Moodle del aula virtual. La actividad consiste en analizar el movimiento del primer rebote determinando la aceleración del movimiento de la pelota.

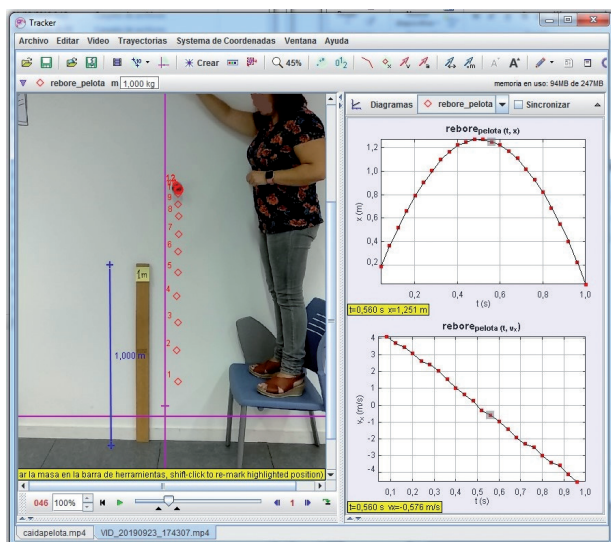


Imagen 1. Primer análisis realizado en el curso, caída libre de una pelota.

En la última sesión del curso se realiza, de forma presencial, la puesta en común de las actividades realizadas en el aula por parte del profesorado.

ACTIVIDADES PRÁCTICAS COMO INDAGACIONES

Todas las actividades prácticas presentadas en el curso son planteadas dentro de un modelo de Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI) o Investigación como experiencias prácticas indagativas guiadas por el profesorado. En ellas se da especial importancia a la participación activa por parte del alumnado.

Dentro de este modelo de enseñanza es importante que en las actividades del alumnado se tengan en cuenta aquellos aspectos que son característicos de la metodología científica como: el planteamiento y concreción del problema, la búsqueda de información, y la determinación de un marco teórico adecuado para afrontar la resolución del problema, la emisión de hipótesis con la realización de predicciones, el diseño experimental coherente con las hipótesis planteadas, la realización de la experiencia, la recogida y análisis de los datos, la elaboración de conclusiones, la comunicación de estas conclusiones y la propuesta de nuevas perspectivas de investigación como consecuencia de los resultados de la indagación realizada [4, 5].

Los materiales creados para la realización de las prácticas contienen una secuencia para el alumnado y orientaciones didácticas para el profesorado coherentes con la metodología anteriormente descrita. Las actividades propuestas en el aula virtual son progresivas, de forma que las iniciales tienen como objetivo la familiarización con las diferentes opciones que presenta el programa Tracker. Posteriormente se van incorporando aspectos del diseño de las actividades siguiendo las orientaciones de la metodología ECBI. Finalmente se realiza una actividad práctica coherente con los contenidos trabajados en el curso. Esta actividad práctica se expone en la segunda, y última sesión presencial de intercambio de experiencias.

A lo largo del curso se plantean experiencias prácticas muy diversas: movimiento rectilíneo uniforme, uniformemente acelerado, de tiro horizontal y oblicuo, circular uniforme y uniformemente variado, vibratorio, pendular y choques.

A continuación, se describe un ejemplo de conjunto de actividades prácticas diseñado para el estudio del movimiento vibratorio. Primero se estudia el movimiento circular para, a continuación, relacionarlo con el movimiento vibratorio armónico simple. Finalmente se estudian ambos movimientos MCU y MAS de forma conjunta en el sistema mecánico Biela-Manivela.

MOVIMIENTO CIRCULAR

En la **Imagen 2** se puede ver la pantalla correspondiente al análisis de un vídeo realizado en el laboratorio de un instituto para estudiar el movimiento circular. Se conecta un motor mediante un par de poleas y una correa a un disco del que se analizará el movimiento. En el disco se pone un trozo de plastilina amarilla para facilitar la identificación del punto a estudiar por el programa Tracker de forma automática. Se sitúa la cámara de vídeo frente al disco lo más estática posible y se realiza la grabación. En la configuración de Tracker se sitúa el sistema de coordenadas centrado en el disco y se utiliza su diámetro para calibrar la imagen. A la derecha de la imagen se puede observar el gráfico del ángulo en radianes frente al tiempo. El comportamiento es prácticamente lineal como predicen tanto profesores como alumnado antes de realizar la experiencia. El análisis y la ecuación de la recta ajustada a partir de los datos experimentales en este caso indica un valor de velocidad angular de 11,69 rad/s.

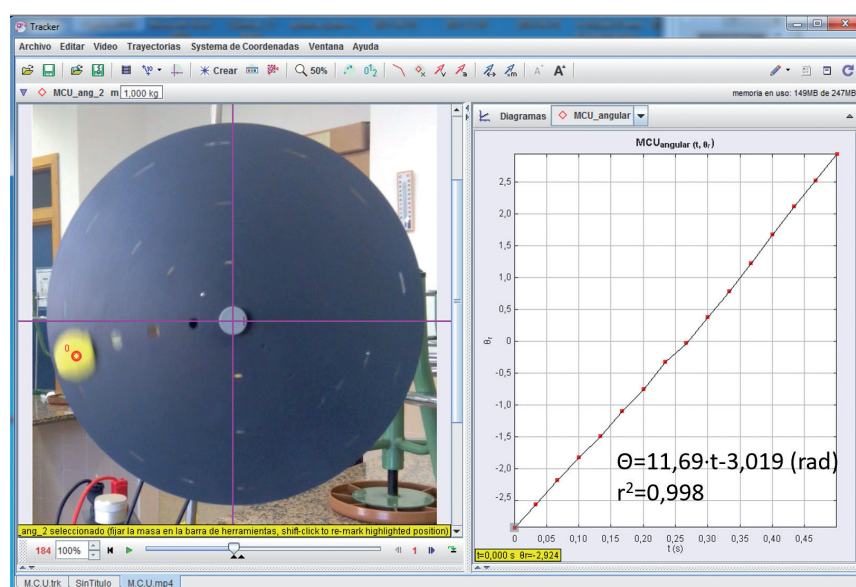


Imagen 2. Análisis de un movimiento circular.

Cuando se analiza para este mismo movimiento la coordenada “x” en función del tiempo se obtiene una distribución de los puntos experimentales que se aproxima muy bien al comportamiento de la función sinusoidal (**Imagen 3**). En este caso, el alumnado tiene mayor dificultad para realizar predicciones correctas. Se puede indicar al alumnado, tras realizar el análisis, que lo que se está representando es la proyección de la posición del punto estudiado sobre el diámetro de la trayectoria circular.

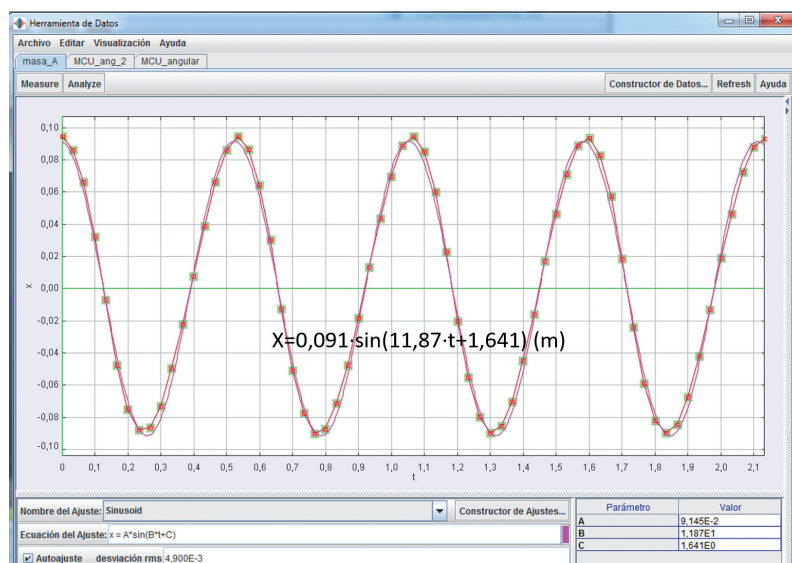


Imagen 3. Ajuste de los datos experimentales de un movimiento circular a una función sinusoidal.

Ajustando los puntos experimentales a la función $x = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta_0)$, se observa la coincidencia de A con el radio de la trayectoria y ω con la velocidad angular determinada anteriormente de la pendiente del gráfico del ángulo frente al tiempo (11,87 y 11,69 rad/s).

MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

En la siguiente experiencia del curso se analiza el movimiento periódico de un objeto suspendido de un muelle que se deja oscilar libremente al desplazarse de su posición de equilibrio. El alumnado puede observar que los puntos experimentales describen un comportamiento, en cuanto a la posición en vertical, muy parecido a la componente “x” o “y” del movimiento circular uniforme (**Imagen 3**). Por tanto, se puede intentar ajustar los puntos experimentales de nuevo a una función sinusoidal.

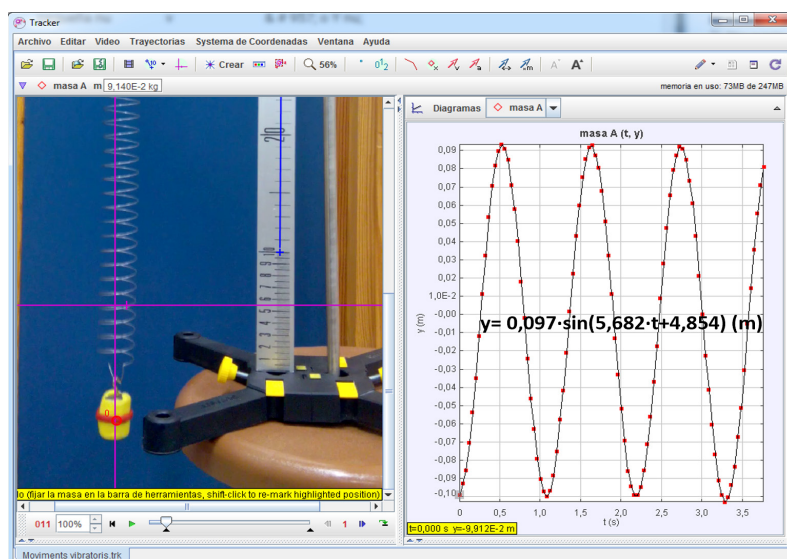


Imagen 4. Análisis de un movimiento vibratorio armónico simple.

Del ajuste de la función $y = 0,097 \cdot \sin(5,682 \cdot t + 4,854)$ (m), se obtienen los parámetros A elongación máxima y ω frecuencia angular que indica la rapidez de las oscilaciones y permite establecer una relación con el periodo y la frecuencia. Con este planteamiento se consigue introducir de forma natural y justificada las variables del movimiento armónico simple.

SISTEMA MECÁNICO BIELA-MANIVELA

En esta última parte del conjunto de prácticas se muestra la capacidad que nos proporciona el análisis de vídeo de Tracker para relacionar conceptos.

En este caso se utiliza un vídeo donde se observa una máquina que funciona como combinación del sistema biela-manivela. El estudio permite unificar las ideas tratadas en los dos movimientos estudiados previamente (movimiento circular y movimiento vibratorio armónico simple).

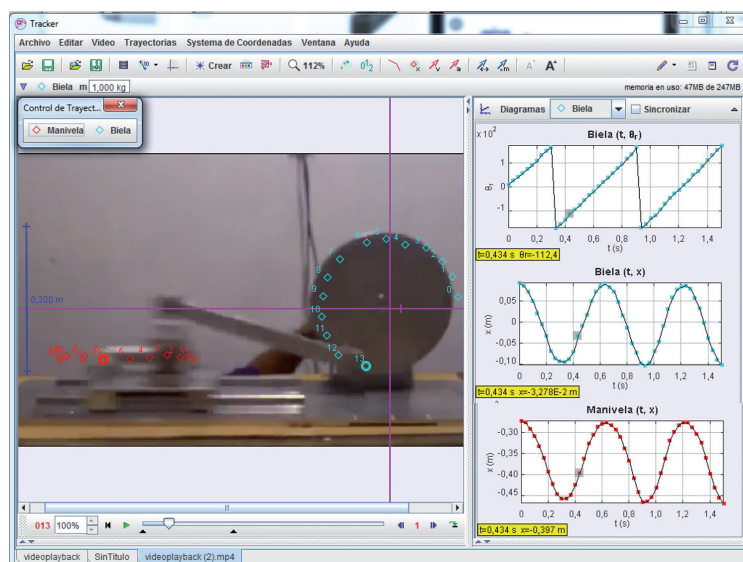


Imagen 5. Análisis del sistema mecánico biela-manivela con el que se comparan el movimiento circular y el armónico simple.

En los gráficos de la **imagen 5** se observan en azul el movimiento de un punto de la biela, ángulo girado frente al tiempo y posición horizontal frente al tiempo y en rojo el desplazamiento horizontal de la manivela respecto del tiempo.

El ajuste de los puntos experimentales del gráfico ángulo girado respecto del tiempo a una función lineal permite determinar de la pendiente el valor de la velocidad angular de giro de la manivela " ω ". Correspondería a la función del movimiento circular uniforme $\theta = \theta_0 + \omega \cdot t$. El ajuste de los puntos experimentales de la posición frente al tiempo del gráfico de la Biela a la función sinusoidal $x = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi)$ permite determinar el valor de la pulsación angular ω . La hipótesis de partida al hacer esta experiencia práctica puede ser que ambas variables, velocidad angular y pulsación, pese a ser totalmente diferentes en este caso coincidirán en cuanto a su valor numérico. En el caso de la experiencia de la imagen 5 los resultados obtenidos son 10,70 rad/s y 10,62 rad/s para la velocidad angular y la pulsación respectivamente. La diferencia entre ambos valores es del 0,75%.

Esta última actividad permite relacionar los movimientos estudiados y clarificar el sentido físico de las diferentes variables definidas para los sistemas mecánicos en estudio.

RESULTADOS DE LOS CURSOS DE FORMACIÓN DE PROFESORADO

Al iniciar los cursos de formación la mayoría del profesorado o bien desconocía el programa Tracker o bien aunque conocía su existencia no lo habían utilizado nunca. Como consecuencia de los contenidos trabajados a lo largo del curso el nivel de competencia de los y las participantes en el uso del programa fue muy alto como muestra el hecho de que presentaron, como tarea final del curso, actividades prácticas de un gran nivel de calidad.

En la última sesión, durante la evaluación de los cursos por parte del profesorado, se destacaron los siguientes aspectos positivos del programa Tracker:

- La gran versatilidad que permite trabajar con diferentes vídeos y formatos, analizando y modelizando.

- El programa se puede utilizar fácilmente en el aula y facilita muchísimo el análisis de los datos, permitiendo dedicar mayor tiempo a la reflexión, debate y obtención de conclusiones.
- También destacan aspectos positivos de la utilización del programa en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la materia como pueden ser que permite detectar y abordar ideas alternativas del alumnado, así como despertar su participación e interés por las actividades y la materia.

Transcurridos aproximadamente dos meses de la finalización de la formación se realizó una encuesta a los profesores implicados en la que mediante diferentes preguntas se evaluó el grado de impacto de la formación realizada. De estas encuestas se deduce que el grado de satisfacción del profesorado que realizó alguna práctica con Tracker en su aula es alto o muy alto y la valoración por parte del alumnado de estas actividades es buena o muy buena. Por otra parte, un 76,9% de los profesores que participaron en la formación indicaron su intención de realizar actividades prácticas con Tracker y un 30,8% ya habían realizado alguna actividad de análisis dinámico utilizando el vídeo y Tracker con su alumnado.

Tabla 1. Resumen encuesta impacto formación profesorado. N=35 profesores/as

<p>¿Tienes intención de realizar alguna práctica con Tracker?</p> <p>Un 77,1 % del profesorado tenía intención de realizar alguna práctica con Tracker.</p>
<p>¿Has realizado alguna práctica utilizando Tracker?</p> <p>Un 31,4% ya había realizado alguna práctica en el momento en que se había enviado la encuesta.</p>
<p>¿Cuál es el grado de satisfacción de los resultados conseguidos al utilizar Tracker al aula?</p> <p>En todas las respuestas el grado de satisfacción había sido alto (45%) o muy alto (55%).</p>
<p>¿Qué tipo de impedimentos te has encontrado o te puedes encontrar al utilizar Tracker?</p> <p>El principal impedimento que destacó el profesorado tenía relación con la dotación informática del centro: disposición de ordenadores e instalación de Tracker en ellos. El resto de las respuestas variaron desde la falta de tiempo a ningún problema.</p>
<p>¿Qué impresión ha causado en el alumnado?</p> <p>El principal impedimento que destacó el profesorado tenía relación con la dotación informática del centro: disposición de ordenadores e instalación de Tracker en ellos. El resto de las respuestas variaron desde la falta de tiempo a ningún problema.</p>
<p>¿Qué distribución has utilizado con los alumnos? Individual, parejas, gran grupo...</p> <p>Se había utilizado todo tipo de distribuciones: grupos de tres, gran grupo, parejas en casa...</p>
<p>¿Has utilizado vídeos propios, proporcionados en el curso o internet?</p> <p>Los docentes utilizaron vídeos elaborados por los propios alumnos, del propio profesorado o proporcionados en el curso de formación.</p>

RESULTADOS CON ALUMNOS

Los resultados con alumnado hacen referencia a los obtenidos por profesorado asistente a los cursos de formación con su alumnado de secundaria, ESO y Bachillerato. De momento estos resultados son meramente cualitativos obtenidos a partir de cuestionarios de valoración y motivación realizados directamente al alumnado. La mayoría valora muy positivamente las prácticas realizadas analizando vídeos con Tracker y considera que estas actividades son mejores que las prácticas realizadas con material más tradicional de laboratorio. Destacamos los siguientes comentarios del alumnado que se presentan con mucha frecuencia: "Los conceptos se comprenden mejor" y "Las clases resultan más entretenidas".

CONCLUSIONES

La utilización del vídeo para la realización de actividades prácticas de Física no es una práctica novedosa, pero es en la actualidad cuando se dan las condiciones necesarias para facilitar su uso en el aula, puesto que ahora se tiene fácil acceso a cámaras que graban vídeo; por ejemplo, con el teléfono móvil, y las aulas y laboratorios comienzan a estar equipadas con equipos informáticos y conexión a Internet.

En cambio, no se observa que el profesorado de Física en secundaria utilice habitualmente este tipo de recurso en las aulas, de ahí el interés de hacer acciones formativas para el profesorado en este sentido.

El programa Tracker, al facilitar y reducir el tiempo necesario para el análisis de los datos, permite dedicar mayor tiempo a la preparación de la práctica con la implicación del alumnado en el enunciado de hipótesis, así como en el diseño experimental y en la reflexión y enunciado de conclusiones argumentadas. Esto permite trabajar habilidades cognitivas de mayor complejidad o nivel y proporcionar al alumnado una imagen más real de la naturaleza de la ciencia.

Los resultados de las valoraciones del profesorado que participó en la formación como del alumnado de secundaria que utilizó los materiales didácticos diseñados para y en los cursos son muy buenos. Lamentablemente, no se disponen de estudios de investigación donde se comparen los resultados académicos y el nivel de competencia adquirido por el alumnado entre grupos que trabajen la Física con Tracker y otros de control que no lo hagan. Por tanto, no se puede concluir que el uso de la metodología propuesta influya en el aprendizaje del alumnado. Pero sí que existe gran cantidad de información referente a estudios de los efectos de la incorporación de elementos multimedia en el estudio de la Física como en Sadaghiani, [6], Zacharia & Olympiou [7] y Díaz & Cala [8] en la que se pone de manifiesto que la interacción de los estudiantes con los vídeos beneficia la comprensión de los conceptos y las leyes de la Física por parte del alumnado.

La utilización del programa Tracker presenta otros beneficios respecto de las actividades prácticas tradicionales, la introducción de las nuevas tecnologías en el aula, facilita la realización de actividades interdisciplinares como en el caso del ejemplo donde se combinan contenidos de Física, Matemáticas y Tecnología, por ello, podemos considerar el programa Tracker un potente recurso STEM.

Por último, según se deriva del resultado de la encuesta entre el profesorado, Tracker despierta el interés y la participación del alumnado en las actividades de Física, en línea con los resultados obtenidos por investigaciones anteriores en esta línea, como las de Cuesta y Benavente [9].

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ARNAU E. (2017). Visualització del moviment harmònic simple aplicant les noves tecnologies. *Ciències*, 34. 16-21 <https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.5>
- [2] CARRASCOSA, J. MARTÍNEZ SALA, S. ALONSO, M. (2016). *Física. 2º Bachillerato* [en línea], disponible en: <https://didactica fisica quimica.es/fisica-y-quimica-2-bachillerato/> [consultado el 13-07-2021]
- [3] TIPLER, P.A. (1999). *Física, para la ciencia y la tecnología*. Vol I. Editorial Reverté
- [4] GIL, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4537>
- [5] BYBEE, R.W. (2006). *Scientific Inquiry and Science Teaching. Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*. Dordrecht, The Netherlands, Springer: 1-12.
- [6] SADAGHIANI H. R. (2012). Controlled study on the effectiveness of multimedia learning modules for teaching mechanics. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 8 (1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.010103>

- [7] ZACHARIA Z. C., OLYMPIOU G. (2011) Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction* 21 (3), 317-331. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>
- [8] DÍAZ D. C., CALA F. (2014). Análisis de vídeos y modelado de sistemas físicos sencillos como estrategia didáctica. *Educación en Ingeniería*. 9 (18), 190-200.
- [9] CUESTA A., BENAVENTE N. (2014). Uso de las TIC en la enseñanza de la Física: vídeos y software de análisis. *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología y Educación*. Artículo 701.

DESARROLLO DEL AULA VIRTUAL COMO SOPORTE DEL APRENDIZAJE FLEXIBLE DE LAS COMPETENCIAS RELACIONADAS CON LA DETERMINACIÓN ESTRUCTURAL DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

Cristina Blázquez Barbadillo, José Carlos Menéndez Ramos, Mercedes Villacampa Sanz, María Teresa Ramos García, Juan Francisco González Matilla, Juan Domingo Sánchez Cebrián

Unidad Docente de Química Orgánica (Química Farmacéutica), Departamento de Química en Ciencias Farmacéuticas, Facultad de Farmacia, UCM, Plaza Ramón y Cajal, s/n, 28040 (Madrid).

Dirección de correspondencia: jdsanche@ucm.es

Palabras clave: determinación estructural; estructura compuestos orgánicos; fármacos; métodos experimentales.

Keywords: structure determination; structure of organic compounds; pharmaceuticals; experimental methods.

Resumen

La mejora en la actividad docente y la eficacia del tiempo dedicado al aprendizaje por el alumno están estrechamente ligadas al tiempo dedicado fuera del aula. Con el desarrollo y avance de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), en los últimos tiempos ha ganado terreno una práctica de aprendizaje que tiene su origen en la educación a distancia y que se conoce hoy como *e-learning*, educación virtual o educación en línea. En este sentido hemos diseñado y elaborado una serie de fichas de problemas sobre determinación estructural de compuestos orgánicos. En este proyecto también se elaboraron vídeos tutoriales donde se indican las pautas necesarias para resolver los problemas de determinación estructural de compuestos orgánicos.

Abstract

The improvement of the teaching activity and the effectiveness of the time spent on learning by the student are closely linked to the time spent by the students in learning outside the classroom. With the development and advancement of information and communication technologies (ICT), a learning practice that has its origins in distance education and is known today as *e-learning*, virtual education or online education has recently gained ground. In this context, we have designed and developed a series of interactive exercises in the field of structural determination of organic compounds. In this project we have also developed video tutorials which provides instructions for the resolution of these problems.

ARTÍCULO

La mejora en la actividad docente y la eficacia del tiempo dedicado al aprendizaje por el alumno están estrechamente ligadas al tiempo que este dedica al aprendizaje fuera del aula (**figura 1**). Con el desarrollo y avance de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), en los últimos tiempos se han implementado nuevas prácticas de aprendizaje que tiene su origen en la educación a distancia y que se conoce hoy como *e-learning*, educación virtual o educación en línea.

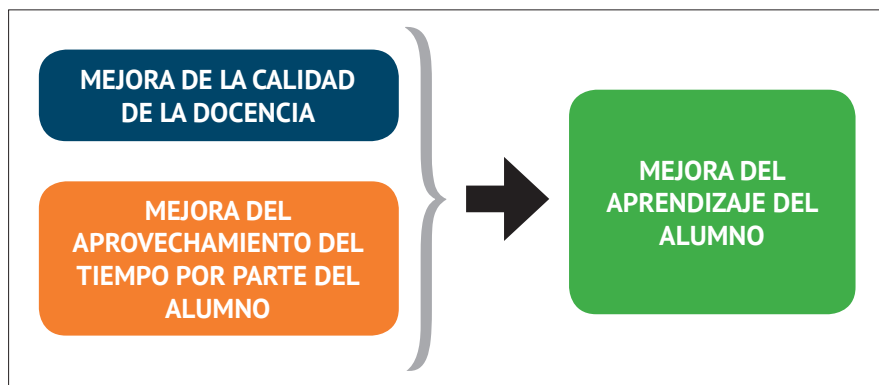


Figura 1. Factores que afectan al aprendizaje del alumno.

ANTECEDENTES

La asignatura de “Métodos Experimentales en Síntesis y Caracterización de Fármacos” es una asignatura optativa del Grado en Farmacia, que se cursa en 4º curso. En esta asignatura, de acuerdo con la ficha docente, el objetivo específico es que el alumno *desarrolle habilidades en las técnicas habituales de un laboratorio de síntesis, así como dar al alumno la formación básica para la interpretación de diversa información espectroscópica, para llegar a la elucidación estructural de sustancias orgánicas, entre ellas algunos fármacos.*

Los objetivos específicos de la asignatura se dividen en parte teórica y práctica:

Parte teórica:

- Conocer y utilizar correctamente la terminología propia de esta materia.
- Extraer información de los espectros IR, UV-visible, RMN y de masas de un compuesto orgánico.
- Integrar los datos de las diferentes técnicas para poder proponer estructuras lógicas.

Parte práctica

- Realizar montajes y operaciones de laboratorio que se utilizan para la síntesis de fármacos, control del avance de la reacción y purificación del producto entre otras actividades.

Por otro lado, entendíamos que el material generado en este proyecto podría estar destinado también, a los alumnos de Química Orgánica I y II, Química Farmacéutica I y II que se imparten en diferentes cursos del Grado en Farmacia y otras titulaciones donde se imparte Química Orgánica y determinación estructural de compuestos orgánicos, tales como: Ciencias Químicas, Bioquímica, Óptica, Ingeniería Química o Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

EL PROYECTO: OBJETIVOS, DESARROLLO Y RESULTADOS

Objetivos.

El objetivo del proyecto era la creación de una base de datos con ejercicios prácticos sobre la determinación estructural de compuestos orgánicos y la resolución en formato audiovisual de una serie representativa de los mismos, con el objetivo de flexibilizar y personalizar los tiempos de aprendizaje de los alumnos, siendo los objetivos específicos del proyecto:

- 1 Creación de una colección de problemas sobre determinación estructural.
- 2 Creación de vídeos tutoriales con la resolución de los ejercicios planteados.

Para facilitar el aprendizaje autónomo y progresivo del alumno, se diseñó una base de datos donde la dificultad iría en un gradiente positivo. Esta herramienta sería 24/365 ya que estaría disponible para el alumno durante las 24 horas del día durante 365 días al año, a través del campus virtual, con el fin de que el alumno gestionara su aprendizaje.

La labor del profesor sería orientar al alumno en este proceso de aprendizaje, aprovechando las tutorías para resolver cuestiones puntuales sobre las estructuras propuestas en el proyecto, pero sobre todo para resolver aquellas dudas conceptuales que pudiera tener el alumno.

Desarrollo.

El proyecto se realizó en 3 etapas:

a) Diseño del banco de problemas y búsqueda u obtención de los datos espectroscópicos.

En esta etapa se estableció una lista de 31 especies orgánicas, acorde con el nivel de conocimiento en Química Orgánica en los Grados en Farmacia y Química. Para ello, se realizó la búsqueda de los correspondientes datos espectroscópicos de infrarrojo, espectrometría de masas, resonancia magnética nuclear de ^1H y ^{13}C , que se obtuvieron de recursos abiertos, cuando la calidad y el formato eran adecuados o fueron realizados por los miembros del grupo, con el instrumental disponible en la UCM.

En esta misma etapa, los compuestos se clasificaron en tres series en función de su dificultad. Se eligieron sistemas alifáticos que contenían grupos funcionales como aminas, haluros, alcoholes y grupos carbonilo; sistemas aromáticos (mono y disustituídos) y finalmente sistemas heterociclos de mayor complejidad (figura 2).



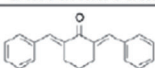








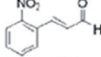


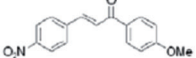


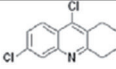


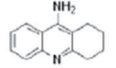
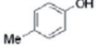
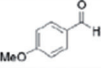
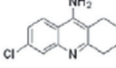
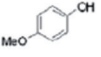
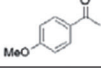
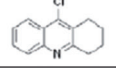


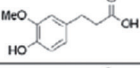
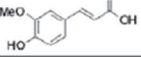
Dificultad Baja	Dificultad Media	Dificultad Alta
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		

Figura 2. Estructuras y clasificación de los compuestos orgánicos incluidos en este proyecto.

b) Elaboración de las fichas problema

Se creó una plantilla institucional de la Universidad Complutense, sobre la que se incluyeron los espectros de masas, IR, RMN de ^1H y ^{13}C necesarios para la caracterización de cada compuesto orgánico. Además, para facilitar la autoevaluación del alumno, se incluyó un código QR, que puede ser escaneado para obtener la solución del ejercicio (figura 3).

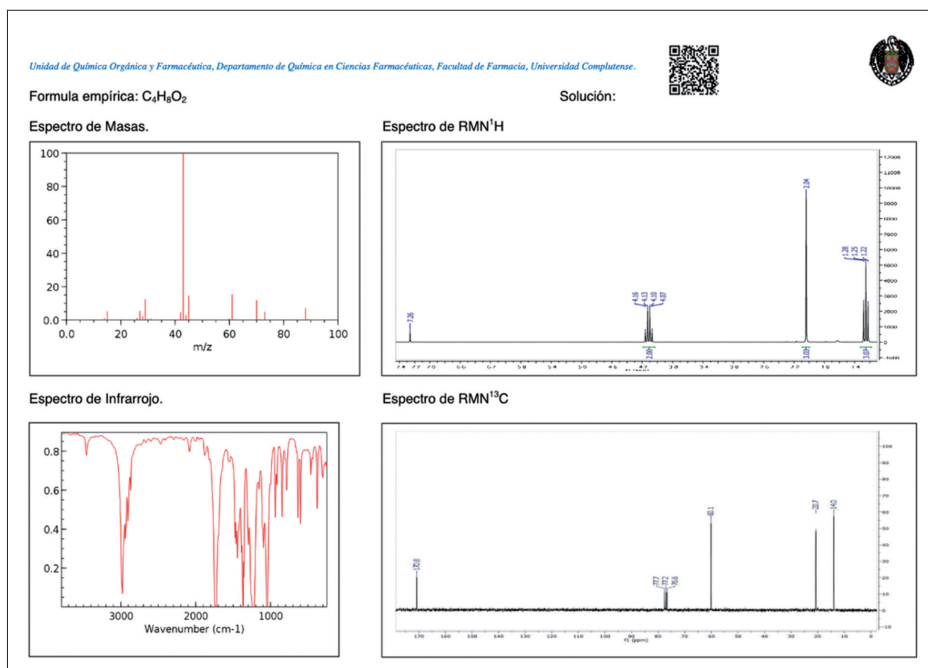


Figura 3. Ejemplo de ficha desarrollada para el estudio de la asignatura por parte de los alumnos.

c) Elaboración de vídeos tutoriales.

A partir de una plantilla en formato Powerpoint de cada una de las fichas anteriormente seleccionadas, y que podían ser usadas como soporte de grabación de los vídeos tutoriales, usando el software libre de captura de pantalla y edición "Screencast-O-Matic", que permitió la grabación y edición de 7 vídeos tutoriales de una duración aproximada de 15 minutos. En estos vídeos se explicaba al alumno cómo obtener la información necesaria para obtener la estructura del compuesto estudiado, con la secuencia siguiente. (Dichos vídeos están disponibles en la red: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/54883/82/Ficha%201%20Resuelta.mp4>)

Fórmula empírica: Cálculo del número de insaturaciones del compuesto.

Espectro de absorción IR: Grupos funcionales presentes en la molécula.

Espectro de masas: Identificación de fragmentos de la molécula

Espectro de ¹H RMN: número de hidrógenos presentes en la molécula (deben coincidir con la fórmula empírica), número de hidrógenos equivalentes, tipos de hidrógenos, multiplicidad, desplazamientos químicos de los diferentes grupos.

Espectro de ¹³C RMN: número de carbonos equivalentes en la molécula, grupos funcionales.

Finalmente, el proyecto incluyó 14 fichas de problemas de determinación estructural de compuestos orgánicos y 7 vídeos tutoriales dónde se resolvían 7 de estas fichas.

Este material se incorporó al campus virtual de la asignatura y fue accesible para todos los alumnos del grupo B del curso 2018-2019.

Datos bibliométricos sobre el material docente generados durante los cursos 2017-18 y 2018-19

El material fue consultado por los estudiantes en más de 500 ocasiones (el número total de estudiantes que tenían acceso a dicho material en estos cursos fue de 57). De estas consultas, 358 fueron realizadas la semana previa al examen. Aunque no se realizó una encuesta de satisfacción, si hay que indicar que los alumnos manifestaron su satisfacción en relación a este proyecto, y muchos de ellos indicaron que les había permitido resolver dudas antes del examen.

b) Desde que se subieron los documentos a la plataforma *eprints* de la UCM (abril 2019), el número de descargas ha sido de 1134, siendo los meses de mayor actividad, octubre y noviembre de 2019 con 131

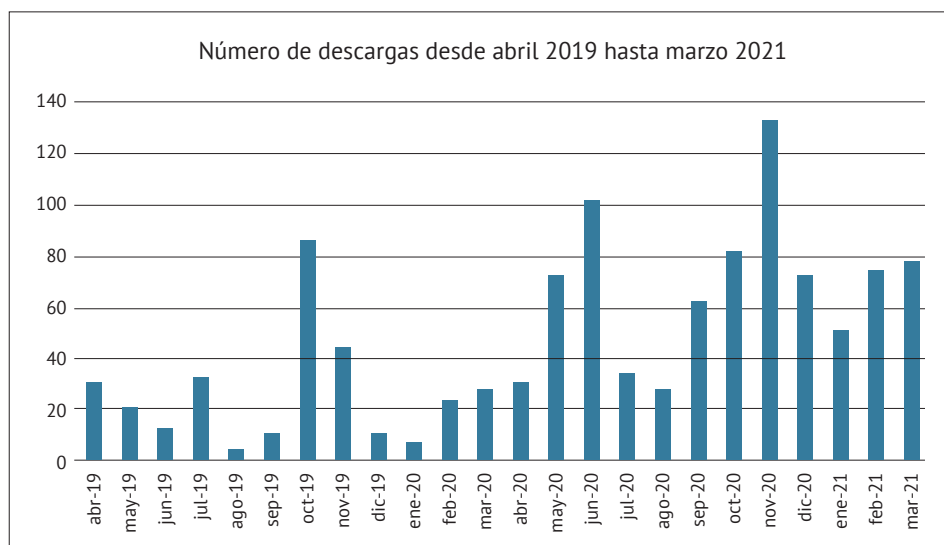


Figura 4. Desglose del número de descargas mensuales desde abril de 2019 a marzo de 2021.

descargas entre ambos, junio de 2020 con 102 descargas y octubre y noviembre de 2020 con 215 descargas, correspondiendo estos picos a los días anteriores a los exámenes de la asignatura (figura 4).

CONCLUSIONES

- 1) El empleo de herramientas con metodología *e-learning* en la docencia presencial es una herramienta fundamental para ayudar al alumno a manejar los tiempos de su aprendizaje, así como ayuda en su estudio (todo esto se ha visto corroborado durante la pandemia por COVID-19).
- 2) El uso de este tipo de aprendizaje permite crear material en abierto que puede ser compartido por titulaciones de áreas afines (con lo que se pueden crear materiales docentes de uso libre).
- 3) El alumno tiene un acceso a los contenidos del tipo 24/7/365, permitiéndole que organice su tiempo de estudio, mejorando su rendimiento.
- 4) El profesor con esta herramienta puede hacer hincapié en aspectos prácticos que en la clase no pueden desarrollarse totalmente.

APLICACIÓN DE UNA WEBQUEST EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DEL GRADO DE MEDICINA

María Pilar Cano Barquilla (1), Pilar Mayor de la Torre (1), Alfonso Martínez-Conde Ibáñez (1), María Bringas Bollada (2), María Pilar Fernandez Mateos (3), Leire Virto Ruiz (4), María Juliana Pérez de Miguelsanz (5), Vanesa Jiménez Ortega (1).

(1) Dpto. de Bioquímica y Biología Molecular, Facultad de Medicina, UCM, Madrid (España). canobarquilla@med.ucm.es

(2) Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Clínico San Carlos, Madrid (España). Brinsk@hotmail.com

(3) Dpto. de Biología Celular, Facultad de Medicina, UCM, Madrid (España). mapferna@med.ucm.es

(4) ETEP (Etiology and Therapy of Periodontal and peri-implant Diseases) Research Group. Facultad de Odontología, UCM, Madrid (España). lvirto@ucm.es

(5) Dpto. de Anatomía y Embriología, Facultad de Medicina, UCM, Madrid (España). jperez@med.ucm.es

Dirección de correspondencia: canobarquilla@med.ucm.es

Palabras clave: webquest; bioquímica; grado en medicina.

Keywords: webquest; biochemistry; degree in medicine.

Resumen

En el curso académico 2018-2019 un grupo de profesores de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, un médico del Servicio de Medicina Intensiva del Hospital Clínico San Carlos de Madrid y una investigadora postdoctoral del Área de Ciencias de la Salud elaboraron una WebQuest, a partir de una noticia publicada en internet. Esta estrategia didáctica se utilizó en la enseñanza de la asignatura de Bioquímica Humana con el objetivo de fomentar competencias como la resolución de problemas, la actividad investigadora y el aprendizaje colaborativo en los estudiantes del Grado de Medicina.

Abstract

In the academic year 2018-2019, a group of professors from the Faculty of Medicine of the Complutense University of Madrid, a doctor from the Intensive Medicine Service of the Hospital Clínico San Carlos de Madrid and a postdoctoral researcher from the Health Sciences Area prepared a WebQuest, from a news item published on the internet. This didactic strategy was used in the teaching of the Human Biochemistry subject with the aim of promoting skills such as problem solving, research activity and collaborative learning in students of the Degree in Medicine.

INTRODUCCIÓN

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) es un proyecto y un compromiso europeo vinculado con la armonización de los diferentes sistemas universitarios, cuyo inicio tuvo lugar en la declaración de Bolonia de 1999. El objetivo del EEES es crear un ámbito armónico, aunque no homogéneo, que facilite el desarrollo de los estudios universitarios en función de principios de calidad, movilidad, diversidad y competitividad. El fin estratégico de este proyecto es aumentar la empleabilidad en la Unión Europea mediante la formación de un nuevo perfil profesional capaz de adaptarse al mercado laboral cambiante [1].

Para alcanzar este objetivo se fomenta el uso de metodologías activas de aprendizaje que promuevan la participación de los estudiantes en el aula, el trabajo cooperativo y la adquisición de herramientas de aprendizaje autónomo. Por lo tanto, se apuesta por nuevas formas de enseñanza-aprendizaje en las que el discente sea el protagonista de su proceso formativo [2]. Una de las estrategias de aprendizaje que favorecen la adquisición de estas competencias es el uso de la actividad denominada Webquest.

La Webquest, según sus creadores, Bernie Dodge y Tom March profesores de la Universidad de San Diego en Estados Unidos es *“una actividad orientada a la investigación donde toda o la mayor parte de la información que se utiliza procede de recursos de la Web. La Webquest ha sido ideada para que los estudiantes hagan buen uso del tiempo, se centren en cómo utilizar la información más que en su búsqueda, y reciban apoyo en el desarrollo de su pensamiento en los niveles de análisis, síntesis y evaluación”* [3]. Por lo tanto, se considera una estrategia de aprendizaje que fomenta la adquisición de competencias relacionadas con el análisis de la información que se suministra en los recursos de la Webquest, evitando que la búsqueda en la red lleve a los estudiantes hacia la saturación y la dispersión de la información consultada [4].

Sin embargo, en los últimos años esta estrategia de aprendizaje ha adquirido una nueva dimensión, la actividad consiste en diseñar un micro-mundo donde los estudiantes investigan sobre un tema contextualizado o sobre un problema planteado, mediante técnicas de trabajo en grupo. De hecho, se considera una actividad didáctica basada en un aprendizaje constructivista ya que el discente durante la realización de las tareas programadas debe utilizar procesos cognitivos con altos niveles de complejidad según la taxonomía de Bloom como el análisis, la evaluación e incluso la creación. Por lo tanto, esta estrategia didáctica favorece que el estudiante sea quien construya el conocimiento que va a aprender. Además, durante la realización de las tareas complejas se promueve el trabajo autónomo del discente, se incrementa su motivación y la cooperatividad con sus compañeros, ya que fomenta el intercambio de ideas para alcanzar el objetivo planteado [4].

Por otro lado, la aplicación de esta estrategia didáctica en la enseñanza universitaria proporciona a los estudiantes competencias útiles para su trayectoria profesional [5], que es el objetivo del EEES. Además, ofrece al profesorado la posibilidad de incorporar las tecnologías de la información de la comunicación (TIC) en la enseñanza universitaria, ya que estas herramientas pueden proporcionar la estructura necesaria para el diseño de una nueva Webquest [6].

En las universidades españolas, esta estrategia pedagógica se utiliza principalmente en los estudios universitarios vinculados a la enseñanza de la Pedagogía o la Psicología, aunque en los últimos años se ha constatado que ha aumentado su aplicación en otras titulaciones como en Ciencias Sociales y Jurídicas o en Ciencias Experimentales e Ingenierías [6].

Sin embargo y a pesar de que la Webquest es una actividad didáctica muy adecuada para la enseñanza y aprendizaje de competencias genéricas y específicas en la enseñanza universitaria, existen escasas experiencias publicadas sobre su uso en la enseñanza del Grado de Medicina, incluso cuando los resultados publicados, sugieren que esta estrategia didáctica podría utilizarse para integrar contenidos de diferentes asignaturas del Grado de Medicina [7].

Inspirados en las conclusiones de este trabajo preliminar, un grupo de profesores de distintos Departamentos de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, un médico del Servicio de Medicina Intensiva y una investigadora postdoctoral participaron, durante el curso académico 2018-2019, en el diseño y utilización de una WebQuest en la asignatura de Bioquímica Humana de segundo curso en el Grado de Medicina para dos grupos docentes (Grupo 1A y Grupo 2A).

Objetivos de la Webquest:

1. Elaborar una actividad de investigación que permita integrar conocimientos teóricos con la práctica clínica.
2. Contribuir al desarrollo de las competencias generales relativas a los fundamentos científicos de la Medicina y al análisis crítico e investigador; así como al desarrollo de competencias más específicas relativas al Módulo I de Morfología, Estructura y Función del Cuerpo Humano y a la Materia de Bioquímica y Genética Molecular; a las que corresponde la asignatura de Bioquímica Humana del segundo curso del Grado de Medicina.

METODOLOGÍA

Para ello, los autores de este artículo (profesores de distintos departamentos de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, un médico del servicio de Medicina Intensiva y una investigadora postdoctoral) solicitaron un proyecto de innovación docente titulado “Aplicación de la Webquest en la enseñanza universitaria del Área de Ciencias de la Salud” en la convocatoria de “Proyectos de Innovación Docente” del año 2018 de la Universidad Complutense de Madrid. El proyecto fue financiado en esa convocatoria (Proyecto de Innovación número 46) y se llevó a cabo a lo largo del curso 2018-2019.

Por lo tanto, a principios de ese curso académico se inició la elaboración de la Webquest para la enseñanza de la asignatura Bioquímica Humana a partir de una noticia publicada en un periódico digital:

“Médicos salvan a un hombre al administrar 15 latas de cerveza a su cuerpo”

<https://newsweek.espanol.com/2019/01/medicos-salvan-hombre-15-cervezas/>

Para ello se diseñaron dos tipos de documentos:

- Webquest para los docentes que consiste en elaborar una guía didáctica.
- Webquest para los estudiantes, que es un documento o página web que contiene la siguiente estructura: introducción, tarea, proceso, recursos, evaluación y conclusiones (este último elemento no siempre se incluye).

Los discentes utilizaron la herramienta Google Sites que está disponible para los estudiantes y profesores de la Universidad Complutense de Madrid desde el curso académico 2018-2019. Esta aplicación permite el diseño de una página web sin conocimientos previos de programación o diseño. En la actualidad, hay disponibles gran cantidad de vídeos tutoriales sobre el uso de la herramienta Google Sites. Uno de ellos es el tutorial que se aloja en el sitio web y que nos ha sido especialmente útil para elaborar el trabajo:

<https://sites.google.com/site/tutorialsites4/como-crear-un-sitio>

Por lo tanto, utilizando la aplicación Google Sites se diseñó una Webquest mediante un formato de página web que contenía distintas subpáginas como se muestra en el esquema 1. De esta forma, el estudiante podía navegar por cada uno de los elementos que la constituyen.

Página Web: Alcohol-Grupo 2A

Introducción/ Tarea/ Proceso/ Caso clínico/ Recursos/ Evaluación/ Conclusiones/

Esquema 1: Estructura de la página web.

Introducción que contenía una noticia publicada en un periódico digital, con el objetivo de captar el interés del estudiante.

Tarea que incluían los objetivos que los estudiantes debían alcanzar una vez finalizado la realización de esta actividad de investigación.

Proceso que describía de forma detallada los pasos que deben realizar los discentes para conseguir los objetivos propuestos en la tarea.

Caso clínico simulado: En esta Webquest se incluyó un nuevo elemento que contenía la anamnesis, una analítica bioquímica y una gasometría procedente de un paciente simulado.

Recursos que incluía un listado de sitios web que los docentes habían seleccionado de la red para focalizar la investigación de los estudiantes y evitar la navegación por la red “sin rumbo”. Estos enlaces dirigían a los discentes hacia artículos de investigación depositados en diferentes buscadores como PubMed o Google Académico y un vídeo de YouTube.

Evaluación que incluía información de qué y cómo se va a evaluar.

Conclusiones que contiene los resultados finales de la investigación y las reflexiones de los estudiantes y los profesores acerca de la estrategia didáctica que se ha utilizado.

La elaboración del contenido y el diseño de la WebQuest se llevó a cabo durante los primeros meses del curso académico 2018-2019, terminando el proceso a finales del mes de febrero. Tras la realización de las pruebas de acceso a la página web, a mediados de marzo, los estudiantes recibieron un correo electrónico con un vínculo para acceder a la Webquest, lo que inició las tareas de investigación.

Durante la realización de la actividad, los estudiantes no encontraron grandes dificultades para navegar por la página web. El 90,9% de los discentes que pertenecen al grupo docentes 1A (99 alumnos) y el 84% del grupo 2A (114 estudiantes), que cursan la asignatura de Bioquímica Humana, participaron en esta actividad que terminó a principios de mayo.

Una vez finalizada la experiencia, se diseñó una encuesta de satisfacción para los discentes mediante la herramienta Kahoot. Este cuestionario se cumplimentó en el aula de la facultad (96% de los estudiantes del grupo 1A y el 100% de los alumnos del grupo 2A que participaron en la experiencia). Para ello, el profesor activaba la encuesta en la página Web <https://kahoot.com/> y generaba un código de acceso al juego. A continuación, los estudiantes entraban bajo un pseudónimo a la página web <https://kahoot.it/> y accedían a la encuesta a través del código de acceso del juego que se les había facilitado previamente.

Resultados y discusión de la encuesta de satisfacción

Los resultados obtenidos tras la cumplimentación de las encuestas de satisfacción por los estudiantes que han participado en esta experiencia (Grupo 1A y Grupo 2A de segundo curso del Grado de Medicina) se muestran en la **tabla I**.

En ambos grupos docentes, el porcentaje de respuestas para cada afirmación o cuestión planteada es muy similar, lo que corrobora que los grupos son homogéneos y que avalaría los resultados obtenidos, como se observa en la **tabla I**.

El empleo de la Webquest ha sido muy bien acogido y más del 60,24% en el grupo 1A y más de un 72,29% en el grupo 2A de los encuestados considera que esta herramienta ha favorecido el interés por investigar el tema tratado.

Por lo tanto, según se observa en la opinión manifestada por los discentes, es importante prestar atención al tema que se va a tratar y a los recursos que se escogen desde la red. La Webquest se diseñó alrededor del metabolismo del etanol, iniciándose desde una noticia recogida en un periódico virtual y con el objetivo de explicar un caso clínico simulado desde el enfoque de la asignatura de Bioquímica Humana. Por lo tanto, es posible que la elección de este tema de investigación, de gran interés en la población joven, haya influido en los resultados tan positivos que se han obtenido tras la experiencia realizada.

Por otro lado, un 92,77% de los estudiantes encuestados en el grupo 1A y un 88,1% de los discentes que respondiendo al cuestionario de satisfacción en el grupo 2A consideran que los recursos presentados en la Webquest son adecuados. Los recursos seleccionados deben ser variados e incentivar la curiosidad de los estudiantes por el tema que se investiga, evitando un exceso de información y fomentando la búsqueda de nuevos recursos en la red. De esta forma, se favorece que los discentes adquieran competencias vinculadas con tareas de investigación, que es uno de los objetivos que se persigue con esta estrategia didáctica.

Sin embargo, los resultados de la encuesta ponen de manifiesto que los docentes deben reflexionar sobre las tareas y los procesos programados en la WebQuest, ya que más de un 34,15% en el grupo 1A y un 39,76% en el grupo 2A de los encuestados consideran que son excesivas.

Tabla I. Distribución de frecuencias relativas de las respuestas en las preguntas del cuestionario de satisfacción

Cuestionario	GRUPO 1A				GRUPO 2A			
	Muy en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Acuerdo (%)	Muy de acuerdo (%)	Muy en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Acuerdo (%)	Muy de acuerdo (%)
El contenido de la página Web ha favorecido el interés por investigar el tema tratado.	2,41	21,69	60,24	15,66	0,00	10,84	72,29	16,87
Los recursos presentados en la página Web eran adecuados	2,41	4,82	33,73	59,04	2,38	9,52	39,29	48,81
Las actividades programadas eran excesivas	6,10	50,00	34,15	9,76	6,02	44,58	39,76	9,64
La realización de la actividad ha contribuido a aumentar su interés por la asignatura	6,02	27,71	57,83	8,43	4,82	24,10	56,63	14,46
¿Estaría de acuerdo en realizar otra actividad similar?	6,17	12,35	50,62	30,86	13,41	18,29	52,44	15,85

Por otro lado, según la opinión de los estudiantes que han participado en la experiencia, el uso de la WebQuest en la enseñanza de Bioquímica Humana ha aumentado el interés de los discentes por la asignatura (más de un 57,83% en el grupo 1A y más de un 56,63% en el grupo 2A), confirmado el carácter motivador de esta estrategia didáctica. Además, en este caso, la actividad integraba contenidos de diferentes Áreas de conocimiento y se vinculaban los conocimientos teóricos con la práctica clínica, lo que podría contribuir a este efecto beneficioso, ya descrito en la literatura.

Hasta tal punto que más de 50,62% en el grupo 1A y más de un 52,44% de los discentes que participaron en la Webquest estarían de acuerdo en realizar otra actividad similar, lo que alentó la creación de nuevas Webquests con originales casos clínicos, en los dos cursos siguientes. El resultado de esta experiencia corroboró la buena acogida de esta actividad en los estudiantes de segundo curso del Grado de Medicina.

- ¿El consumo de ibuprofeno y alcohol es un cóctel peligroso? (Curso 2019-2020)
https://www.abc.es/salud/abci-no-debes-mezclar-alcohol-ibuprofeno-201912261308_noticia.html
- ¿Por qué no funciona el glucagón tras beber alcohol? (Curso 2020-2021)
<https://es.beyondtype1.org/por-que-el-glucagon-no-funciona-con-el-alcohol/>

Igualmente, la WebQuest sobre el metabolismo hepático del etanol se puede utilizar en otras asignaturas. De hecho, se adaptó para la asignatura de Genética, Bioquímica y Biología Molecular en el Grado de Medicina en el curso 2019-2020.

En la misma línea que la opinión recogida por los estudiantes, los autores de este trabajo que han participado en esta experiencia estiman que esta actividad es muy útil en la enseñanza de la asignatura de Bioquímica Humana en el Grado de Medicina, porque permite diseñar un entorno de investigación que vincule los conocimientos teóricos con casos clínicos. Por lo tanto, el diseño y la utilización de estos recursos didácticos podrían fomentar espacios de trabajo colaborativo entre los docentes y los profesionales del

Área de Ciencias de la Salud, con el objetivo de crear estrategias didácticas adaptadas a la enseñanza y aprendizaje de asignaturas que pertenecen a este ámbito de conocimiento.

Por lo tanto, la experiencia de elaboración y empleo de una Webquest para la enseñanza y aprendizaje de algunos contenidos del Área de Ciencias de la Salud, durante el curso 2018-2019, ha sido muy satisfactoria para todos profesores y estudiantes que participaron en la experiencia. Además, facilitó el diseño de otras Webquests en los cursos posteriores y su implantación en la enseñanza de Bioquímica Humana, como una actividad de investigación necesaria para la adquisición de algunas competencias vinculadas al Grado Medicina.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MONTERO M. (2010). El proceso de Bolonia y las nuevas competencias. *Tejuelo* 9:19-37.
- [2] DÍEZ M.C., PACHECO D.I., GARCÍA J., MARTÍNEZ B., ROBLEDO P, ÁLVAREZ M.L., CARBONERO M.A., ROMÁN J.M., DEL CAÑO M., MONJAS I. (2009). Percepción de los estudiantes universitarios de educación respecto al uso de metodologías docentes y el desarrollo de competencias ante la adaptación al EES: Datos de la Universidad de Valladolid. *Aula abierta* 37:45-56.
- [3] DODGE B. (1995). WebQuests: A technique for internet-based learning. *Distance Educator* 1:10-13.
- [4] HOLGADO C. (2010). La Webquest en la docencia universitaria. [En línea], disponible en <https://um.es/ead/red/24/Holgado.pdf> [Consultado el 7/07/2021].
- [5] KUNDU R., BAIN CH. (2006). Webquest: utilizing technology in a constructivist manner to facilitate meaningful perservice learning. *Art Education* 59(2): 6-11.
- [6] MARTÍN M.V., QUINTANA J. (2011). Las Webquest en el ámbito universitario español. *Digital Educational Review* 19:36-55.
- [7] DÍAZ K., LANDAETA I., MIGUEL V. (2015). Webquest como estrategia para la integración del conocimiento de bioquímica médica. *Revista electrónica de Tecnología Educativa* 52:1-13.

CREACIÓN DE UN REPOSITORIO DIGITAL PARA MOTIVAR EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS A TRAVÉS DEL CINE Y LA TELEVISIÓN

María José Cuetos Revuelta¹, María Villa Doblas², Natalia Serrano Amarilla¹, Beatriz Marcos Salas¹, Ana Isabel Manzanal Martínez¹.

¹ UNIR, Universidad Internacional de la Rioja. Facultad Educación. Avenida de la Paz, 137, 26006 Logroño, La Rioja.

² Colegio Salesiano San Pedro. Calle Condes de Bustillo, 17, 41010 Sevilla.

Dirección de correspondencia: mjose.cuetos@unir.net

Palabras clave: motivación; cine y televisión; física y química; TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación); ciencias.

Keywords: motivation; cinema and television; physical and chemistry; ICT (Information and Communication Technologies); sciences.

Resumen

Aumentar la motivación de los alumnos y su interés por la ciencia es una tarea crucial en los momentos en los que nos encontramos. Haciendo uso de las nuevas tecnologías (TIC) se ha realizado una propuesta para la utilización de fragmentos audiovisuales (procedentes del cine y la televisión) en las clases de la asignatura de física y química de 4º de la ESO de forma que su uso constituya una mejora significativa del proceso de enseñanza-aprendizaje. La utilización de recursos audiovisuales ayudará tanto para la asimilación de contenidos como en la adquisición de competencias de forma más activa y participativa.

Abstract

Increasing the motivation of the students and their interest in science seems is a crucial task in the moments we are in. Using the new technologies (ICT), a proposal has been made for the use of audiovisual fragments (from film and television) in the classes of the physics and chemistry course for the 4th of ESO so that its use constitutes a significant improvement of the teaching-learning process. The use of audiovisual resources will help both the assimilation of content and the acquisition of skills in a more active and participatory way.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) se insertan rápidamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje "porque reflejan la manera en que el alumnado piensa, aprende y recuerda, permitiendo explorar fácilmente palabras, imágenes, sonidos, animaciones y videos, intercalando pausas para estudiar reflexionar e interpretar la información utilizada" [1, p. 3]. Por ello suelen ser herramientas de soporte de las asignaturas o herramientas de gestión del aula. Así, dentro de estas últimas, podemos encontrar facilidades relativas a la relación entre iguales, la relación entre profesor y alumno, la relación del centro escolar con las familias y la gestión integral del aula.

Algunas de las ventajas a comentar acerca del uso de material audiovisual como recurso didáctico en las aulas de secundaria son que [2, 3]:

- Facilitan el desarrollo de la capacidad investigadora de los alumnos.
- Promueven clases más activas y participativas por parte de los estudiantes.
- Contribuyen al desarrollo de aptitudes cognitivas de orden superior; mejoran la comprensión de los conceptos, la habilidad de resolver problemas, el análisis y la síntesis.
- Permiten la visualización de fenómenos u objetos poco accesibles en la cotidianidad, así como visualizar ideas abstractas.
- Posibilitan el diseño y elaboración de unidades didácticas innovadoras, ya que permiten diversificar las actividades.

El papel del profesor es entonces vital para ayudar a los alumnos a decodificar e interpretar la información, y los mejores resultados académicos se consiguen cuando el profesor está muy experimentado en el uso de las TIC en el aula y cuando se utilizan de manera planificada e integrada, y no de forma esporádica y descontextualizada.

La inclusión de las TIC en las aulas nos permite utilizar en nuestras clases recursos audiovisuales provenientes, entre otros, del cine y la televisión. Profundizando en la justificación de los medios audiovisuales como recursos didácticos, el primer hecho al que debemos atender es a su capacidad de fascinar, relacionada con la atracción que ejerce sobre la vista. Además, el uso de la imagen tiene un gran poder motivador y de atracción que puede hacer frente a los problemas de falta de motivación de los alumnos de secundaria [4], así como es capaz de propiciar un alto grado de identificación y participación emocional.

¿Por qué incorporar el cine a las aulas desde el punto de vista del diseño curricular? En primer lugar, porque hoy en día es uno de los grandes modos de llegar a nuestros alumnos y, en segundo lugar, porque es necesario para ofrecerles una alfabetización mediática, audiovisual y digital, no sólo atendiendo a los medios y lenguajes audiovisuales, sino considerando los procesos de desarrollo mental involucrados.

El cine y la televisión pueden emplearse en el aula tanto para la asimilación de contenidos como para la educación afectiva y moral de los estudiantes, ya que amplían sus experiencias, ayudando a contemplar situaciones muy diferentes a aquellas de su vida cotidiana. Debido a su variedad temática, abundancia de contenidos y estímulos provocan la asociación de ideas y facilitan a nivel cognoscitivo la creación de nuevas formas de pensamiento [5]. Quirantes [6] señala que el uso de estos recursos “acostumbra al estudiante a reconocer principios físicos en el mundo que le rodea; desarrollar el interés de los alumnos por la ciencia; fomenta el espíritu crítico y escéptico propio de un científico y potencia la capacidad de rebatir argumentos científicamente consistentes.” (p. 94).

Son, por tanto, muchas las bondades enunciadas de la utilización del cine y la televisión en las aulas, pero para que sean de utilidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje no basta con su visualización en el horario lectivo (ya sean fragmentos u obras completas), sino que deben cumplirse ciertos requisitos. Por un lado, la visualización debe contar con objetivos de aprendizaje diseñados previamente y relacionados con el contenido del currículum integrados en una adecuada programación didáctica. Por otro lado, debe proporcionarse al alumno unos criterios de observación que impidan que se disperse su atención, además de partir de una disposición previa receptiva por parte del alumnado para facilitar el aprendizaje significativo [7].

La problemática a la que se enfrenta la utilización del cine en las aulas es que sus detractores consideran que los medios de comunicación no son objetos de aprendizaje, sino de entretenimiento. Asimismo, estos autores indican que estos medios dan una visión deformada de la ciencia. El cine, por ejemplo, no suele mostrar una ciencia acorde a la real, sino que su representación de los científicos, los laboratorios y la ciencia en general está llena de estereotipos alejados de lo cotidiano [8, 9]. Estos estereotipos muestran características negativas de los científicos y, por extensión, de la ciencia, por lo que deberíamos luchar por apartarlas de la imagen popular de la ciencia, ampliamente difundida por los medios de comunicación.

En primer lugar, no ayuda que los temas más ampliamente tratados en el cine de ciencia ficción sean el peligro tecnológico, el cine de catástrofes o diversas utopías y distopías, además de los fenómenos paranormales. En

segundo lugar, muchas de las imágenes proyectadas suelen presentar grandes dosis de errores, confunden al niño o adolescente y hacen un flaco favor al modo en el que se trabaja en ciencias, proliferando los programas de tarotistas y otros fenómenos o cualidades paranormales que hacen hablar de pseudociencia [10, 11].

Sin embargo, son más las motivaciones que nos ofrecen. Destaca su carácter como elemento de creación de actitudes, sobre todo hacia la ciencia; el error sirve para despertar el espíritu crítico y para permitir la reflexión. Así, los errores pueden lograr impactar al estudiante una vez que son revelados como incorrectos. De esta forma, las escenas cinematográficas pueden usarse para sustentos de analogías o para exponer o analizar diversos conceptos, empleándose de ambas formas como refuerzo del conocimiento, como análisis del conocimiento, como descubrimiento o como aplicación práctica, además de como introducción e identificador de conocimientos. Es preferible utilizar escenas o fragmentos a obras completas porque permiten trabajar aspectos concretos en poco tiempo y aclarar dudas al estudiante.

Cabe señalar tres situaciones dentro de la unidad didáctica en las que se pueden utilizar estos recursos:

- En una proyección al inicio de la unidad como elemento motivador, elemento introductor y como detector de preconcepciones.
- Una proyección intermedia puede servirnos para realizar un análisis crítico científico de la escena y requiere que el alumno tenga un marco conceptual previo sobre el tema.
- En una proyección final tendría finalidad esclarecedora y globalizadora, al ser acompañada además por una recopilación de hechos por parte del profesor o algún alumno o grupo de alumnos que muestren sus conclusiones, fijando los contenidos.

Estas situaciones serán propicias además para hacer frente a una situación frecuente en nuestras aulas, el exceso de ejercicios realizados de forma mecánica y poco crítica, lo que se puede solucionar en parte mediante la realización de problemas abiertos como investigación, a través de las siguientes etapas señaladas por Shitu y Benvenuto [12]:

- Buscar una situación problemática abierta que despierte el interés de los alumnos.
- Comenzar por un estudio cualitativo del problema, acotándolo.
- Elaborar hipótesis y estrategias posibles de resolución.
- Fundamentar la solución y evitar operativismos carentes de significado físico.
- Analizar los resultados a la luz de las hipótesis y en los casos límites.
- Considerar la posibilidad de ampliación de las problemáticas investigadas.

La principal ventaja de este tipo de metodología es que genera en el aula “discusiones fundamentadas ante un determinado fenómeno que se muestre en una escena”, por lo que “el docente debe permitir y alentar el disenso entre los estudiantes, pero a la vez dar elementos para construir consensos” (p. 94). Palacios [13] también propone los coloquios de tema libre, ya que “el carácter universal de la ciencia debe transmitirse en el aula, fomentando el diálogo, la puesta en común de ideas, la posibilidad de rebatir argumentos de forma razonada y tolerante y poniendo de relieve la profunda e íntima interrelación entre las diferentes ramas de la física” (p. 114).

PROPUESTA DE TRABAJO

Contextualización

La propuesta que se presenta a continuación está dirigida a fomentar el uso de los recursos audiovisuales procedentes del cine y la televisión en las clases de física y química, en base a lo anteriormente recogido en la fundamentación teórica. Dicha utilización está amparada por el artículo 32 de la Ley de Propiedad Intelectual, en el que se recoge la utilización de fragmentos de obras ajenas con fines educativos.

La propuesta está dirigida al 4º curso de la Educación Secundaria Obligatoria, por lo que el trabajo propuesto para el aula estará enfocado a la adquisición por parte de los estudiantes de las competencias, criterios y estándares de aprendizaje evaluables. Se plantean diversas actividades de aula en las que se utilizan fragmentos audiovisuales dentro del contexto de la unidad didáctica.

Se proponen así diversas actividades de aula en las que se utilizan fragmentos audiovisuales de cine y televisión. Las actividades diseñadas tendrán tres temporizaciones distintas dentro de la unidad didáctica en impartición [14]:

- Al inicio de la unidad didáctica, como motivación del tema y como actividad para la detección de ideas previas de los alumnos.
- Durante la unidad, una vez que se han presentado determinados contenidos necesarios para el análisis de la escena y el trabajo con ella, para profundizar en dichos contenidos.
- Al final de la unidad, a modo de resumen y conclusión, pudiéndose extrapolar la actividad como modo de evaluación.

En cada uno de los distintos fragmentos audiovisuales y sus actividades asociadas se indica el momento propuesto para su utilización. Además, este momento de utilización irá asociado a otras medidas de atención a la diversidad.

Además de trabajar la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, por razones directamente relacionadas con el contenido a trabajar; la competencia para aprender a aprender, ya que se pretende reforzar el carácter metacognitivo del proceso de enseñanza-aprendizaje, las competencias sociales y cívicas, ya que se trabajarán las relaciones CTSA (Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente) de forma activa, y la competencia en comunicación lingüística, al promover las situaciones comunicativas en el aula, no sólo en castellano o la lengua materna, sino también en lenguas extranjeras, como el inglés, si se presentan en este idioma los fragmentos con los que trabajar en el aula.

Objetivos

Para conseguir el objetivo general de realizar una propuesta donde el uso de las series de televisión o el cine suponga una herramienta de alto valor añadido para contextualizar y comprender mejor ciertos contenidos de Física y Química y para aumentar la motivación de los alumnos para afrontar dichas asignaturas, se han concretado los siguientes objetivos específicos:

- Reconocer esta metodología como un recurso didáctico novedoso e innovador que se adecúa a los nuevos tiempos y se aleja de la metodología tradicional.
- Proponer actividades prácticas y motivadoras utilizando fragmentos de series de TV y películas, para facilitar la enseñanza-aprendizaje del alumnado en las asignaturas de Física y Química.
- Facilitar un repositorio digital de los contenidos elaborados.
- Incrementar el interés de los alumnos por las ciencias y sus implicaciones sociales y en la vida cotidiana.

Metodología de trabajo

La metodología utilizada para el desarrollo de la propuesta comienza con un rastreo de material susceptible de ser utilizado. Para ello se recurre a la experiencia personal del docente en primer lugar, pudiendo éste recordar y evocar escenas de películas y series que muestren algún fenómeno o situación que le permita tratar algún contenido del temario de la asignatura. Además, se puede recurrir a diversas fuentes bibliográficas tanto digitales como analógicas que recogen fragmentos u obras completas relacionadas de alguna manera con la ciencia.

Podemos encontrar en este sentido desde blogs temáticos como “The Big Blog Theory” (<https://thebigblogtheory.wordpress.com/>), “Edukacine” (<http://edukazine.blogspot.com.es/>), “Using science fiction to teach science” (<http://www.scoop.it/t/using-science-fiction-to-teach-science>) o “El profe de física” (<http://elprofedefisica.naukas.com/>) blog del anteriormente mencionado autor Arturo Quirantes (derivado de su antiguo blog “Física de Película”), cuyos artículos se encuentran alojados en una de las categorías del nuevo blog. Este mismo autor cuenta además con libros publicados sobre el tema como “Física de Hollywood” [15]. Otros libros que se pueden consultar a modo de rastreo bibliográfico son “La Guerra de dos mundos” [16] y “Las hazañas de los superhéroes y la física” [17] o “Insultingly Stupid Movie Physics: Hollywood’s Best Mistakes, Goofs and Flat-Out Destructions of the Basic Laws of the Universe”. Finalmente, se puede rastrear en bases de datos científicas y académicas la existencia de

artículos o monografías publicadas acerca del tema, como “La Química en el Cine: Ficción o Realidad” [18].

Posteriormente al rastreo de fuentes, se debe seleccionar y manipular los fragmentos elegidos para su utilización en el aula. Así, habrá que proceder a su extracción, ya sea de fuentes física (DVDs) o digitales (repositorios de Internet o plataformas como YouTube). Después, habrá que seleccionar el fragmento dentro de la obra y recortarlo mediante editores de video si es necesario, además de añadirle los subtítulos a aquellos fragmentos en lengua extranjera que no los tengan. Una vez completado el trabajo con el fragmento, se debe hacer una reflexión acerca de los contenidos que se quieren trabajar con él en aula, y realizar el planteamiento de la actividad, teniendo en cuenta además todas aquellas medidas de atención a la diversidad que sean pertinentes.

Los materiales necesarios para llevar a cabo esta propuesta son: DVDs físicos y reproductor de ellos (opcionales), ordenador con conexión a internet y software de edición de vídeo (iMovie), medios de proyección (proyector y pantalla o pizarra digital) y sistema de sonido.

Para llevar a cabo este tipo de actividades es necesario que el centro educativo esté equipado de manera adecuada, en este caso, disponer de una conexión a Internet con ancho de banda suficiente, y métodos de proyección en las aulas. Sería de agradecer además que el centro contase con una colección de material audiovisual a utilizar como recurso en clase, pero esta limitación puede solventarse en la era digital en la que nos encontramos mediante el uso de recursos alojados en Internet. El docente dispuesto a llevarla a cabo debe tener, además de un gusto personal por el cine y las series de televisión, cierta destreza en el uso de las TIC.

Esta última limitación podría solventarse parcialmente mediante la elaboración de almacenes de recursos audiovisuales listos para su utilización en las aulas, lo que sería de fácil implantación mediante herramientas gratuitas de compartición de archivos (Dropbox, Google Drive, u otras) y su recolección en páginas web o blogs, también gratuitas y cada vez más fáciles de elaborar. Este tipo de herramientas pueden enfocarse como un trabajo de recopilación colaborativo, en el que los profesores pudieran recoger sus aportaciones, tanto fragmentos audiovisuales listos para utilizar como actividades complementarias a ellos, de forma que otros docentes pudieran utilizarlos en sus clases.







Título original	The Big Bang Theory (TV Series)	Ágora	The Dark Knight
			
Año:	2007	2009	2008
Duración:	20 minutos	126 minutos	152 minutos
País	Estados Unidos 	España 	Estados Unidos 
Género	Comedia; Sitcom; Amistad; Matemáticas (FILMAFFINITY)	Aventuras; Historia; Matemáticas (FILMAFFINITY)	Aventuras; Historia; Matemáticas (FILMAFFINITY)

Figura 1. Series y películas seleccionadas.

Se ha creado así un repositorio del material audiovisual seleccionado y empleado, que puede ir ampliándose, añadiendo estrenos que probablemente acaparen más interés por parte de nuestros alumnos, lo que constituye uno de los objetivos principales:

<https://www.dropbox.com/sh/gku0l4w8po9ipgx/AACQsT8bX2vA1UrmEzgnAZta?dl=0>

Con las actividades propuestas en la **tabla I**.

Tabla I. Ejemplos de actividades propuestas

ACTIVIDAD I	“Los científicos nunca se equivocan”
Fragmentos	Fragmentos seleccionados de la película <i>Ágora</i> (sobre los errores de modelo de Ptolomeo de La Tierra como centro del Universo, el modelo heliocéntrico de Aristarco con órbitas circulares y la propuesta de Hipatia acerca de las curvas matemáticas, como la elipse, enunciado mil años después por Kepler con las leyes que describían el movimiento de los planetas alrededor del Sol basándose en la elipse): Fragmento 1: 01:54-03:18; Fragmento 2: 12:18-13:35; Fragmento 3: 40:56-44:12; Fragmento 4: 1:03:55-1:09:35; Fragmento 5: 1:25:59-1:28:27; Fragmento 6: 1:41:02-1:45:12; Fragmento 7: 1:58:30-1:59:12. Duración total del fragmento editado: 19:58.
Contenidos	Bloque I. La actividad científica: La investigación científica. Proyecto de investigación.
Temporización	Uso en momento inicial dentro de la unidad, y preferiblemente dentro de la asignatura, de forma que sirva para transmitir a nuestros alumnos una visión constructivista de la ciencia: que ésta no se basa en conocimientos neutros y estáticos, que sus productos no son solo un conjunto de saberes independientes, que la observación y experimentación están condicionadas por el contexto, que la creatividad es un factor necesario a tener en cuenta, y que la reflexión personal y el debate colectivo son necesarios.
Actividades	Visualización de los fragmentos de forma conjunta en el aula. A continuación, se puede realizar un esquema colaborativo que recoja los diferentes modelos astronómicos reflejados en el fragmento, sus defensores, tiempo en el que surgen, entre otros. Además, se puede realizar un guión con las fases del método científico y los momentos del fragmento en el que se pueden observar. Como conclusión de la actividad, se propone a los alumnos la realización de un proyecto de investigación mediante la utilización de las TIC acerca de algún descubrimiento científico a lo largo de la historia.
Propuesta de extensión	La película completa puede ser trabajada de forma integrada y multidisciplinar. Así, con una visualización en común de todos los alumnos, y no sólo aquellos que cursen la asignatura de física y química de 4º de ESO (optativa), se pueden trabajar aspectos transversales como la cooperación, la solidaridad, la tolerancia, o la igualdad de sexos. Además, la visualización de la película puede servir para trabajar aspectos concretos de asignaturas diferentes a física y química, ya sean troncales o específicas, como matemáticas (curvas cónicas), historia (helenismo y final de imperio romano), lengua y literatura, lengua extranjera: inglés, y latín (análisis del lenguaje), religión o valores éticos (conflicto ciencia-religión, fanatismos religiosos), filosofía (helenismo y platonismo), tecnologías de la información y la comunicación (manipulación de recursos audiovisuales) o educación plástica y audiovisual (el cine y sus recursos).

ACTIVIDAD 2	“Howard en el espacio”
Fragmentos	Extraídos de los episodios 1, 2 y 3 de la 6ª temporada de “The Big Bang Theory”, donde Howard Wolowitz es enviado en misión de la NASA a la Estación Espacial Internacional (ISS por sus siglas en inglés), lo que le acarrea algunos problemas y da lugar a diversas situaciones cómicas, como el hecho de que “echa de menos la gravedad”.
Contenidos	Bloque 4: Fuerzas de especial interés: peso, normal, rozamiento, centrípeta. Ley de la gravitación universal.
Temporización	Final, a modo de conclusión del tema.
Actividades	<p>Visualización conjunta en clase del fragmento resolución en pequeños grupos de las siguientes cuestiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es la interacción fundamental causante de la orbitación de la ISS alrededor de la Tierra? ¿Por qué la ISS orbita alrededor de la Tierra y los objetos cotidianos no orbitan alrededor de nosotros? - Howard se encuentra orbitando la Tierra en la Estación Espacial Internacional. Realiza un diagrama de esta situación, identificando las fuerzas que intervienen y las magnitudes vectoriales asociadas. - Howard le dice a Bernadette: “Echo de menos la gravedad. ¿Podrías tirar algo para que yo lo vea caer?”. ¿A qué se refiere Howard? ¿Cuál es el valor de la gravedad en la ISS? (Busca en internet los datos que necesites, como la altura sobre la superficie de la Tierra a la que orbita la ISS o la masa aproximada de ésta). ¿Es correcta la expresión que utiliza Howard “gravedad cero”? - El periodo orbital de la ISS es 92 minutos y 69 segundos, ¿cuál es su velocidad orbital?, ¿y su aceleración normal y tangencial? - Realiza una investigación acerca de la finalidad de la ISS y algunos satélites artificiales. ¿Qué ocurre con ellos cuando dejan de ser útiles?
Propuesta de extensión	Se puede proponer un trabajo de ampliación que tenga como motivación la frase de Howard “Son los rusos, quién sabe. Dejaron perros aquí arriba en los 60”. ¿A qué se refiere Howard? (Estudio de los principales hitos de la exploración espacial).
ACTIVIDAD 3	“Bruce Wayne (aka Batman) sabe de física”
Fragmentos	Minutos 07:00-10:05 de la película The Dark Knight, donde un grupo de mafiosos pretende hacer un trato “sospechoso” con “El Espantapájaros”. Un imitador de Batman pretende interrumpirles sin demasiado éxito, pero la llegada del verdadero Batman arregla la situación, utilizando entre otras aptitudes su conocimiento del principio de conservación de la energía.
Contenidos	Bloque 5: Energías cinética y potencial. Energía mecánica. Principio de conservación. Formas de intercambio de energía: el trabajo y el calor.
Temporización	Intermedio dentro de la unidad, una vez que se han introducido los conceptos necesarios (energía cinética y potencial, calor y trabajo, etc.), y de forma que se pueda relacionar con unidades anteriores como la relativa al movimiento y las fuerzas.
Actividades	<p>Refuerzo de la explicación sobre los contenidos del tema mediante la realización de preguntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué transformaciones de energía podemos observar en el fragmento? - ¿La energía que tiene Batman al final de la caída, de qué tipo es? ¿Se ha destruido? ¿En qué se ha transformado? - ¿De qué forma se disipa la energía que proporciona el motor del coche a las ruedas? - ¿Qué cálculos tendría que hacer Batman para saber el momento exacto en el que debe saltar? ¿Qué dos tipos de movimiento están involucrados en dicha escena? - ¿Por qué la mordedura de un Rottweiler hace tanto daño? ¿Depende únicamente de la fuerza que hacen sus mandíbulas? ¿Los humanos tenemos la misma capacidad al morder? ¿Por qué?

ACTIVIDAD 3	“Bruce Wayne (aka Batman) sabe de física”
Propuesta de extensión	<p>Resolución de ejercicios y problemas numéricos utilizando la escena proporcionándole a los alumnos datos estimados sobre algunas de las magnitudes físicas involucradas en las situaciones. Algunos ejemplos serían:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si la altura desde la que Batman se deja caer es igual a 4 metros, ¿con qué velocidad llega al techo del coche si despreciamos el rozamiento del aire? ¿Qué trabajo realiza sobre el techo del coche? - Si cada uno de los todoterrenos tiene una masa igual a 1,7 toneladas y el coeficiente de rozamiento entre las ruedas y el suelo es 0,3, ¿cuánta energía se desprende durante un trayecto de 20 m de uno de estos coches? ¿En qué forma se desprende esta energía? - Si el todoterreno tiene que recorrer 2 circunferencias de radio 2 metros y lleva una velocidad de 70 km/h y Batman se encuentra a 4 metros de altura, ¿cuánto tiempo tiene que esperar éste antes de dejarse caer?

CONCLUSIONES

Los alumnos siguen demandando cambios en la realidad de las aulas. La incorporación de las TIC al aula de física y química parece haber logrado una actitud más positiva hacia estas asignaturas, debido al carácter actual y motivador de este tipo de recursos, alejados del método tradicional de enseñanza, que conllevan un aumento del interés de los alumnos por la asignatura.

Los aprendizajes realizados por los alumnos mediante este tipo de recursos parecen ser más significativos. Teniendo presente que las TIC son herramientas que nos permiten ampliar y enriquecer el aprendizaje de nuestros alumnos, la utilización de recursos audiovisuales provenientes del cine y la televisión en el aula de ciencias resulta útil tanto para ayudar a los alumnos a asimilar contenidos como para educarlos de forma afectiva y moral, por lo que no debemos olvidar el papel del docente en su proceso de selección y su utilización en el aula. A pesar de que parece mejorar los conocimientos adquiridos por nuestros alumnos, su uso debe ser reflexionado y se deben tener en cuenta las condiciones óptimas para que suponga una mejora real del proceso de enseñanza-aprendizaje, desechando su uso indiscriminado e irreflexivo.

En esta propuesta se ha apostado por la utilización de fragmentos de películas y series de televisión para la asignatura de Física y Química de 4º curso de la ESO, de forma que supongan una mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje y se aumente la motivación de los alumnos. Se ha realizado el rastreo de material susceptible de ser utilizado, la selección de fragmentos de series y películas, su edición y tratamiento, creando un repositorio digital que puede ser ampliado y actualizado, ya que cada año aumentan de forma significativa las películas, series y programas de televisión a nuestro alcance, añadiendo estrenos que aumenten aún más el interés del alumnado. De este modo se han recogido diversas actividades de aula para ser empleadas con diversas temporizaciones dentro de la unidad didáctica en impartición:

- Al inicio de la unidad didáctica, para motivar y para ayudarnos en la detección de ideas previas de los alumnos.
- Durante la unidad para profundizar en contenidos.
- Al final de la unidad, a modo de resumen y conclusión, pudiéndose extrapolar la actividad como modo de evaluación.

Cabría destacar que, a pesar de que se contempla la diversidad de los alumnos presentes en el aula a la hora de proponer actividades, ya sea con diferente temporización, distinta metodología, etc., una posible vía de ampliación sobre la temática del trabajo consistiría en la adaptación y utilización de este tipo de actividades, basadas en recursos audiovisuales, como medidas de apoyo y refuerzo (entre otros) para aquellos alumnos con necesidades educativas especiales de diversa índole.

Por último, hay que indicar que se ha cumplido el aumentar la motivación de los alumnos, pero nos hemos encontrado ante dos circunstancias destacables: la dificultad de mantenerse al día sobre los gustos de los

adolescentes y la propia manifestación de los alumnos de su escaso consumo de cine y televisión. Esta es una dificultad añadida ya que se observa cómo los alumnos cada vez disfrutan más siendo creadores de contenido y no sus consumidores. Valoran positivamente la presentación de trabajos y proyectos elaborados por ellos mismos mediante la grabación y edición de vídeo, lo que es un hecho fácilmente relacionable con su uso cada vez más temprano de las redes sociales. Se propone, por tanto, el uso combinado de ambos recursos para mejorar la implementación de la propuesta en el aula.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] VALDOR, M., TORRES, D. (2007) *Utilización de las tecnologías de la informática y las comunicaciones (TIC) en la enseñanza de la química*. Memorias del V coloquio de experiencias educativas en el contexto universitario. [En línea], disponible en <http://eduniv.reduniv.edu.cu/index.php?page=13&id=207&db=2> [Consultado el 28/03/2021].
- [2] CAAMAÑO, A. (2011) *Didáctica de la física y la química*. Madrid, Ministerio de Educación de España- Editorial GRAÓ, de IRIF, S.L.
- [3] MÉNDEZ, D. (2015) Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XXI* 18(2), 215.
- [4] MARCOS, M. (2010) Alfabetización mediática. La educación en los medios de comunicación: Cine formativo y televisión educativa. *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información* 11(2), 303.
- [5] MARTÍNEZ-SALANOVA, E. (2003) El valor del cine para aprender y enseñar. *Comunicar: Revista Científica Iberoamericana de Comunicación y Educación* 20, 45-52.
- [6] QUIRANTES, A. (2012) Física de película: Un ejemplo de cine en la docencia universitaria de primer curso. *Docrea* 1, 88-102.
- [7] GARCÍA, M., LANDEROS, B. (2011) *Teoría y práctica del análisis pedagógico del cine*. Madrid, UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- [8] ELÍAS, C. (2010) El cine como arma de destrucción masiva de la ciencia. *Revista Iberoamericana de Física* 6(1), 2-3.
- [9] GARCÍA, 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.
- [10] QUIRANTES, A. (2011) Física de película: Una herramienta docente para la enseñanza de física universitaria usando fragmentos de películas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8(3), 334-340.
- [11] PETIT, M.F., SOLBES, J. (2015) El cine de ciencia ficción en las clases de ciencias de enseñanza secundaria (I). Propuesta didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(2), 311-327.
- [12] SHITU, J. A., BENVENUTO, O. G. (2012) El uso del cine de ciencia ficción para el planteo de problemas abiertos y como investigación. *Revista de Enseñanza de la Física* 25(1), 89-108.
- [13] 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(1), 106-122.
- [14] VILLA, M. (2017) *Aprendizaje de la física y química a través del cine y la televisión*. TFM. Universidad Internacional de la Rioja.

- [15] QUIRANTES, A. (2016) *Física de Hollywood*. Valladolid, Glyphos Publicaciones.
- [16] PALACIOS, S. L. (2008) *La guerra de dos mundos: El cine de ciencia ficción contra las leyes de la física*. Barcelona, Robinbook.
- [17] PALACIOS, S. L. (2014) *Las hazañas de superhéroes y física*. Barcelona, Robinbook.
- [18] TORRE-FERNÁNDEZ, L., GARCÍA-GRANDA, S. (2012) La Química en el Cine: Ficción o realidad. *Anales de Química* 44(1).

MÉTODOS INTERACTIVOS PARA INCENTIVAR EL APRENDIZAJE AVANZADO DE LA QUÍMICA

Miguel Díaz Sánchez, Diana Díaz García, José M. Méndez Arriaga, Santiago Gómez Ruiz, Sanjiv Prashar*

Grupo de Innovación Docente PlayInnovEdu.

Universidad Rey Juan Carlos, Calle Tulipán s/n, E-28933 Móstoles, Madrid, España.

Dirección de correspondencia: prashar@urjc.es

Palabras clave: química; gamificación; aprendizaje lúdico; ciencia interactiva; mercury, powder cell; chemtube3D; imagej; juegos STEM.

Keywords: chemistry; gamification; gamified learning; interactive science; mercury; powder cell; chemtube3D; imagej; STEM games.

Resumen

En esta comunicación se presentan diferentes actividades innovadoras basadas en la “gamificación” y el uso de las nuevas tecnologías para el desarrollo de un aprendizaje proactivo, buscando conducir la enseñanza tradicional hacia un modelo más interactivo. Entre las actividades aplicadas en el aula por el Grupo PlayInnovEdu está la utilización de programas de visualización molecular para entender de forma más sencilla la estructura y propiedades de los compuestos químicos y el uso de juegos STEM, cuya finalidad es implicar a los estudiantes en un aprendizaje sencillo, lúdico y motivador en asignaturas de química.

Abstract

This communication presents different innovative activities based on “gamification” and the use of new technologies for the development of proactive learning, to lead traditional teaching towards a more interactive educational model. Among the activities applied in the classroom by the PlayInnovEdu Group is the use of molecular visualization programs to understand more easily the structure and properties of chemical compounds and the use of STEM games, whose purpose is to involve students in a simple, playful and motivating learning in chemistry subjects.

INTRODUCCIÓN

La evidente irrupción de las nuevas tecnologías en la sociedad actual hace necesaria una revisión en los métodos tradicionales de enseñanza-aprendizaje. La motivación de los alumnos en el aula es fundamental y mantener su atención resulta una tarea cada vez más difícil, sobre todo en las nuevas generaciones, las cuales establecen la mayor parte de su actividad lúdico-social a través de la pantalla del móvil y el ordenador.

Estudios recientes muestran la existencia de una clara simbiosis entre el aprendizaje y la aplicación de juegos [1,2]. El concepto de juego sólo como actividad de entretenimiento para el tiempo de ocio va cambiando a medida que se comprueba cómo su aplicación educativa favorece la adquisición de determinadas habilidades, competencias y contenidos. Aprender jugando estimula e incentiva al estudiante en la adquisición de nuevos

conocimientos y permite que éstos se mantengan almacenados de forma más fácil en la memoria selectiva a largo plazo. Proponer actividades que faciliten el aprendizaje de aquellas asignaturas que normalmente resultan tediosas y de difícil comprensión para el alumno es una meta fundamental en cualquier entorno educativo. Este tipo de actividades amenizan las clases y pueden mejorar el aprendizaje y el espíritu de competitividad y colaboración entre compañeros.

La aplicación de recursos TIC en la enseñanza ha supuesto un avance en la transmisión y recepción del conocimiento [3,4]. La implantación de nuevos grados universitarios y la mejora de los ya existentes ofrece una oportunidad clave para desarrollar estos métodos interactivos que conduzcan a la mejora de las competencias genéricas y específicas requeridas en asignaturas de la rama de la ciencia.

El objetivo de este proyecto se basa en la aplicación de métodos interactivos en aulas universitarias para hacer del aprendizaje de la ciencia, y en concreto de la química, algo más interesante y motivador; a través del uso de juegos y programas basados en herramientas TIC. En este sentido, la propuesta se ha centrado en actividades participativas basadas en la “gamificación” [5-9] y el uso de software libre para el desarrollo de un aprendizaje proactivo [10], con el fin de crear una metodología que tome en cuenta lo mejor de la enseñanza tradicional, intercalada con la interactividad que aportan las nuevas tecnologías, en un entorno docente innovador, cercano y ameno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para una mejor comprensión del trabajo, se establece una división en la aplicación de las actividades realizadas en dos modalidades de recursos interactivos diferentes. La primera de ellas es el uso de software libre específico en química para hacer que los alumnos comprendan, de forma autónoma, la estructura y las propiedades de diferentes compuestos a nivel molecular. La segunda modalidad es el uso de juegos interactivos STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) que permitan la adquisición de conocimientos de forma amena y divertida mediante recursos multimedia que faciliten el aprendizaje mnemotécnico a través de vídeos, sonidos e imágenes en movimiento. Todas estas actividades se aplicaron en diferentes asignaturas del Área de Química Inorgánica de la Universidad Rey Juan Carlos.

A continuación, se exponen cuatro ejemplos de software libre, todos ellos usados por los propios alumnos durante las clases.

El primero de ellos es Mercury, programa que permite la visualización, exploración y análisis de estructuras cristalinas [11]. Con él, los alumnos pueden trabajar interactivamente sobre estructuras en tres dimensiones de diferentes compuestos cristalinos, e incluso descargar estructuras ya establecidas de forma gratuita a través de la *Sociedad Mineralógica de Estados Unidos* (**Figura 1**). Otro programa empleado de similares características es PowderCell, el cual permite a los alumnos llevar a cabo la simulación de difractogramas de diferentes materiales cristalinos cuya descripción gráfica con el uso de los métodos de enseñanza tradicionales, resulta difícil para el profesor. Este software también trabaja con datos de la *Sociedad Mineralógica de los Estados Unidos*.

Si se carece de los sistemas adecuados para la ejecución de los programas descritos, existen webs que permiten el trabajo interactivo directo sin la necesidad de su instalación. Este es el caso de ChemTube3D, una web de animaciones interactivas con estructuras químicas en 3D, que permite además la descarga de archivos en distintos formatos. Estos archivos pueden exportarse a su vez a otros programas como Mercury para que los alumnos puedan trabajar con moléculas ya creadas. Por último, el programa de código abierto ImageJ, permite el procesamiento de imágenes en formato JPG o PNG, para el estudio de la morfología y tamaño de materiales como nanopartículas, sistemas microscópicos, células y bacterias entre otros.

A modo de ejemplo de aplicación en el aula (**Figura 1**), se expone el uso del programa de representación molecular Mercury descargable de la web www.chemtube3d.com, adscrita a la Universidad de Liverpool y con una licencia *Creative Commons*, que contiene animaciones tridimensionales interactivas de las estructuras químicas más características agrupadas en diferentes categorías. Su aplicación en el aula permite una mayor comprensión de las propiedades de los compuestos químicos desde su nivel atómico hasta un nivel macroscópico. La aplicación del software anterior se puede complementar con el uso del programa ChemSketch de modelado molecular; el cual

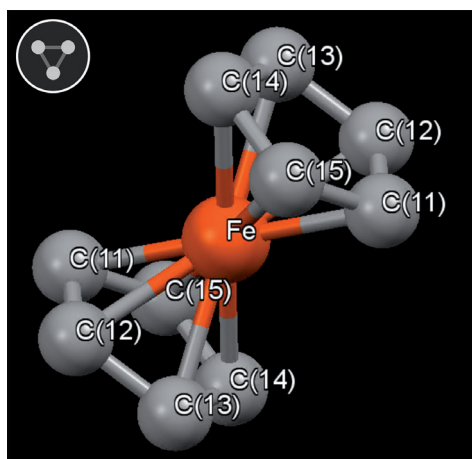


Figura 1. Ejemplo de visualización de una estructura química empleando el software libre Mercury.

permite representar diferentes compuestos con el fin de visualizar y comprender mejor su estructura, además de ayudar al alumno a mejorar sus conocimientos sobre nomenclatura química. La modelización y el trabajo de estructuras químicas a nivel informático permite a los alumnos trasladar sistemas desde el tamaño atómico a un nivel macroscópico, haciendo que los conceptos abstractos de la asignatura sean más digeribles desde el punto de vista cognitivo.

La segunda modalidad interactiva empleada en este trabajo se basó en el uso de la metodología educativa STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Este acrónimo se refiere a cualquier situación en la que estas cuatro disciplinas se presentan juntas. Hacer que los estudiantes resuelvan problemas con la educación STEM es una herramienta muy poderosa por sí misma, pero ofrece mejores resultados si se combina con otras técnicas. Si se utilizan materiales multimedia, es mucho más fácil captar la atención de los estudiantes y también facilita la explicación de conceptos complejos. Es aquí donde entra en juego el uso de dispositivos móviles. Estos dispositivos están muy presentes en la vida cotidiana de los alumnos y presentan múltiples ventajas que pueden ser aplicadas en el ámbito educativo para ayudar al profesor en su labor docente. Extienden el aprendizaje en cualquier contexto y situación y lo hace más vivencial basado en imágenes y sonidos, lo que facilita la memorización de los conceptos. Entre las aplicaciones móviles usadas en el ámbito educación, destaca por su versatilidad Kahoot!, plataforma gratuita que permite la creación de cuestionarios de evaluación [12]. Se trata de un sistema basado en la acción pregunta-respuesta de contenido adaptable, el cual, a través del uso de una pantalla en el aula y los dispositivos móviles de los alumnos, se crea una clase amena en la que los estudiantes incorporen conocimientos científicos de forma divertida. Además de las plataformas existentes, se pueden crear de forma sencilla juegos con una temática determinada, como es el caso que aquí se presenta. En este sentido, el Grupo de Innovación Docente PlayInnovEdu ha diseñado su propia plataforma de juego educativo similar al Kahoot!, llamada *Apuesta para ganar un 10* (Figura 2).

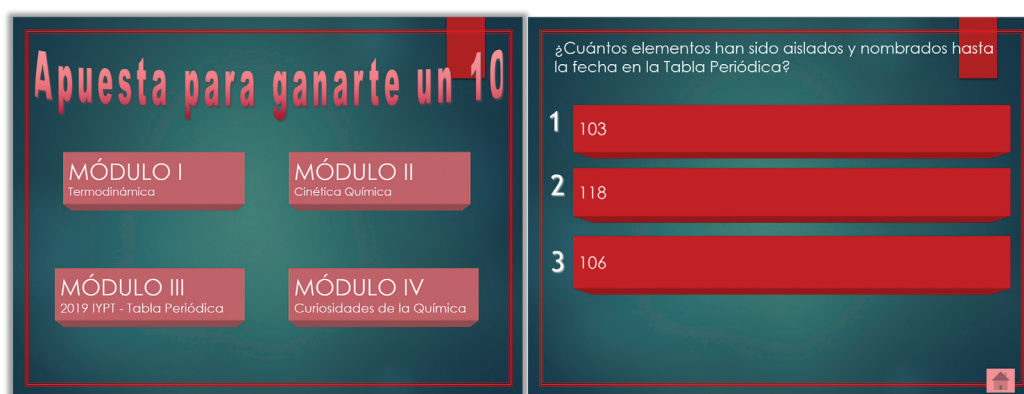


Figura 2. Módulos del juego y ejemplo de pregunta *Apuesta para ganar un 10*.

Dicha actividad consiste en la realización de un modelo de juego interactivo de respuesta múltiple a través de una serie de preguntas extraídas directamente de los temas impartidos en clase. Dicho juego se proyecta a través de una pantalla en el aula, para que todos los alumnos puedan visualizarlo (Figura 2). Los estudiantes se dividen en grupos de entre 4 y 6 personas. Cada grupo comienza con 10 puntos que pueden ir apostando una vez se proyecte la pregunta. Esos puntos equivalen a la nota de la asignatura, por lo que las apuestas deben ser coherentes si no quieren perder el total de su puntuación. Lo apostado por cada grupo se anota en la pizarra y se muestran distintas opciones de respuesta, tras lo cual comienza una cuenta atrás de 20 segundos, lo que promueve la discusión y el debate entre los miembros del grupo. Finalizado el tiempo, el nombrado como representante de cada grupo indica la solución consensuada. Si han acertado la respuesta, gana una puntuación igual a la apostada, si la pierde, se le retirará dicha puntuación. El equipo ganador y segundo en puntuación consiguen 0.15 y 0.10 puntos adicionales en el examen final de la asignatura, lo que aporta una motivación extra al juego y motiva al alumnado.

Utilizando este recurso docente basado en la “gamificación”, se contribuye a fomentar en un ambiente lúdico e interactivo, mejorando la relación alumnos-profesor y alumno-alumno. Además, se consiguen generar debates que fomentan la participación a la hora de resolver las preguntas y se incita a establecer un aprendizaje colaborativo aceptando el consenso de los compañeros. Se establece con ello una vertebración del conocimiento entre los alumnos que mejor se adaptan y comprende la asignatura y aquellos que, por diversas circunstancias, les cuesta más adquirirlos perdiendo la motivación llegando incluso a su abandono.

Tras la aplicación de *Apuesta para ganar un 10* se realizó un estudio estadístico con el fin de comprobar la eficacia de su aplicación a través de un sencillo cuestionario realizados a los alumnos.

Los resultados muestran que a más del 90% de los estudiantes les ha parecido una actividad interesante y divertida, con una duración y dificultad adecuada, así como bien aplicada por el profesor. Además, un porcentaje superior al 80% afirmó haber aprendido con el trabajo en grupo, y ha conseguido consolidar o aprender algún conocimiento nuevo de la asignatura. Más de la mitad de los estudiantes expresa que esta actividad ha despertado su interés por la química, y más del 60% manifiestan que la asignatura no hubiese sido la misma sin esta actividad.

De modo similar a la actividad anterior, se describe la aplicación en el aula del juego Kahoot! (Figura 3), como sistema de evaluativo de los alumnos. Como se ha indicado anteriormente, se trata de una aplicación gratuita, sencilla y de fácil manejo, que permite el diseño de cuestionarios evaluables para que los alumnos concursen y aprendan de forma amena y divertida. Ofrece la posibilidad tanto de forma individual como en grupo de responder distintas cuestiones usando sistemas como el móvil o el ordenador. Los cuestionarios de temática variada, permiten establecer respuestas en tiempo real, yendo desde tipo *quiz*, respuesta verdadero o falso o incluso puzzles, lo que ayuda en la labor docente con un amplio rango de contenidos y formas de evaluación. La aplicación guarda las partidas creadas para poder usarlas de forma sucesiva en distintos grupos y cuenta con un sistema estadístico que permite conocer las puntuaciones obtenidas y observar el progreso del alumnado a medida que los temas jugados incrementan su dificultad.

Esta actividad ofrece un amplio abanico de aplicaciones, por lo que se puede implementar en diferentes temas y aspectos de las asignaturas. En nuestro caso, la estrategia aplicada con este recurso fue su empleo como sistema



Figura 3. Ejemplo de la aplicación Kahoot!

de evaluación de los alumnos pre y post explicación teórica. Con la aplicación de un cuestionario de temática específica sobre química general, Kahoot! permitió que los profesores conociesen el nivel inicial de los alumnos, sus preconcepciones adquiridas y comprobar la correcta asimilación del temario tras su explicación.

El análisis detallado de los resultados obtenidos en los cuestionarios pre y post teoría aplicados a 67 alumnos, se exponen en la **Figura 4**. Como puede comprobarse con los gráficos de sectores, el empleo de Kahoot! como herramienta de evaluación permitió obtener una idea del nivel inicial de los alumnos, así como de sus conocimientos previos de química antes de iniciar la asignatura (**Figura 4, gráfico a**). Tras las clases teóricas, se repitió el mismo cuestionario (**Figura 4 gráfico b**) con resultados claramente más satisfactorios que los inicialmente obtenidos.

El empleo de Kahoot! como recurso evaluador basado en la gamificación, permitió verificar a través del recuento de respuestas acertadas antes de la explicación de los contenidos (pre-teoría) y tras la exposición de estos (post-teoría) (**Figura 4**), cómo el progreso de la asignatura fue muy adecuado, siendo el porcentaje de respuestas acertadas mucho mayor tras la explicación del correspondiente contenido.

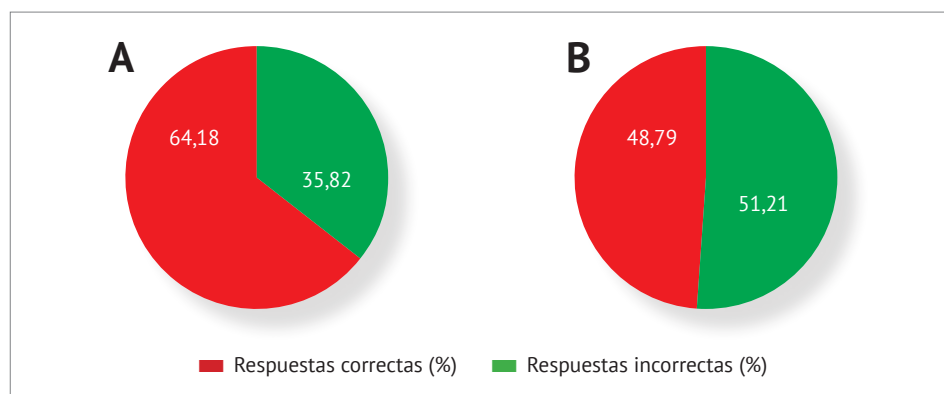


Figura 4. Resultados obtenidos de la aplicación de Kahoot! en el aula, pre-teoría (a) y post-teoría (b).

CONCLUSIONES

La implementación de distintos métodos interactivos en asignaturas del ámbito científico por parte del *Grupo de Innovación Docente PlayInnovEdu* en la Universidad Rey Juan Carlos permitió comprobar la eficacia de la enseñanza interactiva en el sector universitario. Entre las ventajas que estas nuevas metodologías presentan está su mayor capacidad de captación del conocimiento por parte de los alumnos, lo que mejora su rendimiento y evita las distracciones motivadas por la complejidad del temario dado. Permite, además, simplificar la información compleja y abstracta muy asociada a ciertos conceptos de química, fomentando la retención cognitiva gracias a una interacción más práctica de los estudiantes. Se trata de actividades ideales para introducir nuevos conceptos, de fácil aplicación y en su mayoría con coste cero para el profesor. Sin embargo, y pese a las ventajas que aportan, no hay que olvidar que la enseñanza interactiva aún debe asentarse sobre las bases de los métodos clásicos existentes, intentando buscar una adecuada simbiosis entre ambas, unificando en los puntos beneficiosos que existen en cada una de ellas, sobre todo hasta que la enseñanza interactiva pueda llegar a aplicarse en cualquier ámbito educativo de forma eficaz, a través de medios adecuados y con una correcta formación del profesorado.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la ayuda económica de la Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología de la Universidad Rey Juan Carlos, Actividades de Innovación Docente 2020.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CORNELLÁ, P., ESTEBAN, M., BRUSI, D. (2020) Gamificación y aprendizaje basado en juegos., Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. 28, 5–19.
- [2] HERNÁNDEZ-HORTA, I.A., MONROY-REZA, A. JIMÉNEZ-GARCÍA, M. (2018). Learning through Games based on Principles of Gamification in Higher Education Institutions, Formación Universitaria. 11, 31–40. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062018000500031>.
- [3] GASTELÚ, C.A.T. (2011) Técnicas de enseñanza y tic en la universidad, Horizontes Educativos. 16, 31–42.
- [4] MARQUÉS GRAELL, P. (2008) Impacto de las tic en la enseñanza universitaria. *Didáctica, innovación y multimedia* 11.
- [5] BORRÁS GENÉ, O. (2015). Fundamentos de la gamificación. GATE-Universidad Politécnica de Madrid.
- [6] SMIDERLE, R., RIGO, S.J., MARQUES, L.B. PEÇAÇANHA DE MIRANDA COELHO, J.A., JAQUES, P.A. (2020) The impact of gamification on students' learning, engagement and behavior based on their personality traits. *Smart Learning Environments* 7, 3. <https://doi.org/10.1186/s40561-019-0098-x>.
- [7] MARKOPOULOS, A.P., FRANGKOU, A., KASIDIARIS, P.D. DAVIM, J.P. (2015) Gamification in engineering education and professional training. *International Journal of Mechanical Engineering Education* 43, 118–131. <https://doi.org/10.1177/0306419015591324>.
- [8] SÁNCHEZ, D.R., LANGER, M., KAUR, R. (2020) Gamification in the classroom: Examining the impact of gamified quizzes on student learning. *Computers & Education* 144, 103666. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103666>.
- [9] DICHEVA, D., IRWIN, K., DICHEV, C., TALASILA, S. (2014) A course gamification platform supporting student motivation and engagement. *International Conference on Web and Open Access to Learning (ICWOAL)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICWOAL.2014.7009214>.
- [10] BULLÓN, J.J., ENCINAS, A.H., SÁNCHEZ, M.J.S., MARTÍNEZ, V.G. (2018) Analysis of student feedback when using gamification tools in math subjects. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* 818–823. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363455>.
- [11] BATTLE, G.M., ALLEN, F.H., FERRENCE, G.M. (2010) Teaching Three-Dimensional Structural Chemistry Using Crystal Structure Databases. An Interactive Web-Accessible Teaching Subset of the Cambridge Structural Database, *Journal of Chemical Education* 87, 809–812. <https://doi.org/10.1021/ed100256k>.
- [12] RITCHIE, S., TCHANGALOVA, N., HOUP, K. (2018) Make Learning Awesome with Kahoot! Tips for engaging students in the classroom. <https://doi.org/10.13016/M21V5BH29>.

LA INCLUSIÓN DE LA GAMIFICACIÓN EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE ASIGNATURAS DE QUÍMICA EN LA UNIVERSIDAD EMPLEANDO LA HERRAMIENTA GENIALLY

Josefa Ortiz Bustos*, Isabel del Hierro*, Yolanda Pérez

Departamento de Biología, Geología, Física y Química Inorgánica. Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad Rey Juan Carlos. C/Tulipán s/n. 28933 Móstoles (Madrid)

Dirección de correspondencia: josefa.ortiz@urjc.es; isabel.hierro@urjc.es

Palabras clave: gamificación; prácticas de laboratorio; genially.

Keywords: gamification; laboratory coursework; genially.

Resumen

La aplicación de conceptos y mecánicas propias del juego en un contexto educativo superior como la Universidad ha supuesto una nueva alternativa para promover el aprendizaje, la adquisición de conocimientos y/o el desarrollo de competencias. En el estudio de las asignaturas de Ciencias y, en concreto, de la Química que tradicionalmente ha sido uno de los más complejos y de difícil asimilación por parte del alumnado, cobran especial significancia estas nuevas metodologías. En este trabajo se ha diseñado un conjunto de actividades con una mecánica basada en el juego o la gamificación utilizando la herramienta Genially que forman parte de un guion interactivo para el desarrollo de las prácticas de laboratorio de Química, en el que el estudiante navega en un escenario donde los espacios y la estética toma como referencia un laboratorio de química. Los resultados académicos obtenidos mejoran notablemente respecto a metodologías más clásicas de cursos pasados y el grado de satisfacción de los estudiantes es, de forma general, muy alto.

Abstract

The implementation of game's concepts and mechanics in a higher-level education such as the University has been a new alternative to promote learning, the acquisition of knowledge and the development of skills. In the study of Science subjects and, especially Chemistry, which has traditionally been one of the most complex and difficult subjects for students, these new methodologies take on a special significance. In this work a set of activities has been designed with mechanics based on the game or gamification using Genially that are part of an interactive guide for the Chemistry laboratory coursework's in which the student navigates in a scenario where the spaces and aesthetics take as a reference a chemistry laboratory. The academic results obtained significantly improve compared to more classical methodologies from past courses and the degree of student satisfaction is generally very high.

I. INTRODUCCIÓN

La aparición de nuevos medios de comunicación y la transformación de los medios tradicionales ligados al desarrollo de nuevas tecnologías (internet, televisión digital, satélite, etc.) han cambiado por completo las formas de comunicación en la sociedad. Los estudiantes que hoy ocupan nuestras aulas han crecido en este contexto y forman parte de la conocida como generación digital o generación Z. Es decir, jóvenes que utilizan las herramientas tecnológicas en su vida cotidiana para comunicarse, relacionarse con sus iguales, buscar información, comprar y, por supuesto, divertirse.

La aplicación de conceptos y técnicas propias del juego a otras áreas de actividad ligadas al desarrollo tecnológico, como el *marketing online*, marcó un cambio de rumbo [1]. La comunidad educativa rápidamente adoptó como propios el uso de los principios y la mecánica de los juegos para promover el aprendizaje, la adquisición de conocimientos y/o el desarrollo de competencias. La palabra “*gamification*” se convirtió junto a otras palabras como *crowdfunding* o *primavera árabe* en una de las palabras de moda o palabras clave del año 2011 en el listado de palabras del “Oxford dictionary list” que año a año recoge y publica las palabras o expresiones que han marcado de una u otra forma al conjunto de la sociedad [2]. Este hecho nos da idea del impacto que este tipo de actividades puede llegar a tener en la sociedad, en general, y en la comunidad educativa en particular.

La Universidad en España, inmersa en un profundo cambio metodológico que pretende colocar al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje y convertirlo en responsable de este, no ha sido ajena al desarrollo de metodologías basadas en el uso de juegos y mecánicas propias de los juegos, en un intento de que el estudiante se involucre de forma activa en las asignaturas que se imparten en Grados y Másteres [3]. El actual diseño de los planes de estudio de los grados universitarios, en los que los objetivos formativos se definen en forma de competencias genéricas y específicas, pone negro sobre blanco la necesidad de que el estudiante adquiera habilidades y destrezas que en otros tiempos se le presuponían a un licenciado universitario. Competencias como Aprendizaje autónomo, Gestión de la información, Toma de decisiones, Habilidad de investigación o Creatividad, entre otras, nos ayudan a entender el perfil que debe tener un graduado universitario. En este contexto, deben desarrollarse y aplicarse metodologías más inclusivas en las que el estudiante sea protagonista indiscutible del viaje que supone su aprendizaje y que el profesor le ceda ese lugar de privilegio para convertirse en su acompañante.

Se ha escrito mucho sobre la crisis de las titulaciones STEM en relación con la lenta pero constante disminución de estudiantes matriculados en titulaciones de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas; en muchos casos desde la perspectiva del género, en un intento de explicar por qué el número de mujeres matriculadas en estos grados es siempre menor que el de hombres. Estos estudios no están exentos de controversia y los datos que acompañan a estos informes son a menudo contradictorios y las conclusiones diversas [4]. No obstante, todos parecen tener un punto en común y es que el mercado laboral está cambiando radicalmente. Actualmente, es difícil que un ingeniero o un científico permanezcan ligados a una empresa durante toda su vida profesional y lo más probable es que permanezcan ligados a la misma durante la ejecución de un determinado proyecto o proyectos. Este profundo cambio implica que la permanente formación que necesitan estos profesionales y que, tradicionalmente les ofrecía la empresa, será cada vez menor y existirá un riesgo real de que los profesionales que no se formen o actualicen sean expulsados del mercado laboral. Es, pues, muy importante que la Universidad ofrezca herramientas a estos futuros profesionales para que desarrollen las competencias antes mencionadas englobadas en el término “*long life learning*” o *aprender a aprender*. En esto contexto cobra más sentido, si cabe, el uso de metodologías en las que el proceso de enseñanza-aprendizaje cambie radicalmente. De todas las existentes, la gamificación destaca especialmente, sobre todo en los últimos tiempos, aunque otras metodologías como la *Flipped classroom* o clase inversa están demostrando también ser muy útiles en el aprendizaje de las Ciencias y/o las Ingenierías [5].

Aunque el término gamificación está tradicionalmente ligado al uso de videojuegos con fines educativos, en la enseñanza de la Química, también ha incluido el diseño de actividades de carácter experimental en las que los estudiantes “aprenden haciendo”, ya que los retos que se les presentan se desarrollan en un laboratorio docente. Este tipo de actividades se han denominado en muchos casos “Escape Room” por su similitud con los juegos de lógica cuyo objetivo es escapar de una habitación resolviendo enigmas en grupo. El éxito co-

mercial de estas actividades ha sido exponencial en los últimos años y ha supuesto una revolución en la forma de divertirse de jóvenes y no tan jóvenes. Un reflejo de este éxito es que comienza a ser práctica habitual la inclusión de este tipo de actividades en jornadas de divulgación organizadas por Universidades u organismos de investigación, en un intento de acercar la ciencia a la sociedad en un contexto lúdico. La publicación de actividades tipo “Escape room” en revistas educativas en el ámbito de la química es ya una práctica común y su número de descargas y referencias las convierte en publicaciones de interés [6,7,8,9].

No obstante, muchas de estas actividades no logran el objetivo principal de la gamificación. Es frecuente observar cómo su diseño y ejecución explota únicamente la parte lúdica y de entretenimiento inherente al juego: se observan cambios de color, se abren candados, aparecen palabras escondidas, se generan frases con los símbolos de la tabla periódica, etc. Si bien, estas herramientas son útiles cuando el objetivo de la actividad es meramente divulgativo, son claramente insuficientes cuando se pretende diseñar una actividad de gamificación con un impacto profundo en el proceso de aprendizaje. No se trata de jugar en el aula o en el laboratorio, sino de utilizar mecánicas (ligadas o no a la utilización de videojuegos) para presentar a los estudiantes retos en el aprendizaje de una determinada temática y que, una vez cumplido, generará una respuesta, *feedback* o recompensa inmediata dimensionada en relación con el reto propuesto.

En este trabajo presentamos la metodología y conclusiones obtenidas en el diseño de una actividad de gamificación con el objetivo de dar soporte a las prácticas de laboratorios de las asignaturas de Química Inorgánica y Química II en los Grados de Farmacia e Ingeniería de Organización industrial de la Universidad Rey Juan Carlos.

2. LAS PRÁCTICAS EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA

Las prácticas de laboratorio son una parte fundamental de las asignaturas de Química en grados universitarios. Este tipo de actividades permite a los estudiantes desarrollar competencias específicas como el uso de equipamiento e instrumentación científica, la búsqueda y análisis de datos, etc., así como, competencias transversales como son el trabajo en equipo, la resolución de problemas o el pensamiento crítico [10]. La planificación de las asignaturas debe incluir actividades que permitan dar respuestas reales a problemas reales utilizando técnicas propias de un laboratorio de química, incluyendo el diseño de experimentos [11].

Tradicionalmente, las asignaturas de Química se organizan en una serie de créditos teóricos desarrollados en el aula tradicional y unos créditos prácticos desarrollados en el laboratorio docente. El profesor responsable de la asignatura diseña “ad hoc” una colección de experimentos para que los estudiantes lleven a la práctica los conocimientos teóricos adquiridos y desarrollen competencias (específicas y transversales). La metodología habitual implica la preparación de un guion de prácticas por parte del profesor en el que se incluye una introducción teórica que contextualiza los experimentos, una metodología o procedimiento experimental que los estudiantes reproducirán en el laboratorio y una serie de cuestiones o problemas finales referidas al desarrollo del experimento y al análisis e interpretación de los resultados obtenidos. El uso extendido de plataforma virtuales, en nuestra universidad “Moodle”, permite que los estudiantes tengan acceso a “los guiones de prácticas” y/o a abundante material de apoyo con suficiente antelación al desarrollo de las prácticas de laboratorio. Nuestra experiencia a lo largo de los años nos ha demostrado que mayoritariamente los estudiantes ni siquiera leían este material hasta el mismo día en que comenzaban las sesiones prácticas. Sabían que el profesor iniciaría cada sesión de laboratorio con una introducción o explicación inicial de los objetivos del experimento, de las cuestiones teóricas a tener presentes y del trabajo práctico. Es decir, una lección magistral más en un escenario diferente. Se trataba de una dinámica difícil de romper: el profesor ofrecía una explicación teórica en el laboratorio porque los estudiantes no habían leído ni preparado las sesiones prácticas. Los estudiantes no preparaban las sesiones prácticas porque el profesor iba a ofrecer una explicación introductoria del trabajo a realizar. Se utilizaba un tiempo esencial y per se escaso en el laboratorio docente, un espacio donde el estudiante debería ser el protagonista absoluto, para que el profesor ejerciese una vez más su rol más clásico impartiendo una nueva lección magistral. En este punto, muchos de los estudiantes afrontaban el experimento como una

receta que había que seguir, reproducían las condiciones experimentales, con cierta destreza, igual que afrontarían una receta culinaria más o menos compleja diseñada por un experto cocinero, pero careciendo de fundamento teórico previo.

NUEVA DINÁMICA EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA GENERAL

Inmersos en un contexto de cambio y uso de nuevas metodologías en la educación universitaria, decidimos reorganizar la ejecución de las tareas ligadas al laboratorio de prácticas con el objetivo de implementar una nueva dinámica de trabajo antes, durante y después de las sesiones prácticas.

Para ello, diseñamos una primera actividad o sesión presencial en el aula durante la cual se expone la nueva dinámica del laboratorio. Con suficiente antelación se plantea a los estudiantes un proceso guiado de búsqueda de información con el objetivo de que sean ellos los que redacten la introducción teórica, que contextualiza las sesiones prácticas, así como parte de la metodología experimental. El proceso de búsqueda de información culmina con un breve examen *online* tipo test multirrespuesta a través de la plataforma Moodle (Campus Virtual) previo al desarrollo presencial del laboratorio.

En el laboratorio docente el profesor únicamente describe brevemente la estructura del laboratorio y dónde está el equipamiento o el material, porque los estudiantes ya disponen de información suficiente para comenzar a trabajar desde su entrada. Con ello, demuestran una mayor autonomía y grado de confianza. Se detectan claramente conductas de liderazgo en aquellos estudiantes que mejor han preparado las prácticas y se potencia el trabajo en grupo, las carencias de unos son las destrezas de otros. Puesto que, en general, el experimento se ajusta al tiempo previsto, es posible que los estudiantes revisen, analicen e interpreten los datos experimentales y los apunten en su informe de laboratorio. Ningún estudiante abandona el laboratorio sin comunicar y discutir con su profesor esta información.

En la última sesión de prácticas, los estudiantes responden a un nuevo test online multirrespuesta, disponiendo para ello de su informe de laboratorio con toda la información que han generado antes y durante las sesiones prácticas. La evaluación de las etapas prelaboratorio y postlaboratorio se completa con la evaluación mediante rúbrica y en base a la observación del comportamiento del estudiante de forma individual en el laboratorio docente. Los resultados obtenidos se ponderan en unos rangos de valores variables para poder adaptarnos a las características del grupo de estudiantes, pero entre 10-15 % el test prelaboratorio, 60-75 % el trabajo práctico y 20-25 % el test postlaboratorio.

Con esta nueva organización del laboratorio de prácticas en las asignaturas de Química se pone el valor del tiempo de trabajo de estudiantes y profesores. Aumenta notablemente la implicación de los estudiantes y, aunque el tiempo dedicado al laboratorio de prácticas es similar, hemos conseguido desplazarlo. Así, el trabajo se desarrolla mayoritariamente antes y durante el laboratorio y no después. Con ello, se ha conseguido aumentar la seguridad en sí mismos de los estudiantes y mejorar su grado de autonomía. Aunque se ha observado que los estudiantes de primer curso no tienen todavía las habilidades necesarias para diseñar nuevos experimentos a la hora de resolver un problema de química, sí demuestran tener habilidades suficientes para llevar a cabo el experimento y poner en práctica diversas técnicas de laboratorio.

3. GAMIFICACIÓN COMO SOPORTE PARA EL DESARROLLO DE LAS SESIONES PRÁCTICAS EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA

En el presente trabajo queremos abordar el trabajo que los estudiantes realizan antes y después de las sesiones prácticas de laboratorio de una forma diferente apoyándonos en el uso del aula virtual de la URJC y, en particular, en la herramienta GENIALLY (<https://www.genial.ly/es>), una herramienta para la elaboración de contenidos educativos incluida en el observatorio de tecnología Educativa del Ministerio de Educación y Formación profesional que la URJC pone a disposición de todos sus profesores [12].

Esta experiencia se ha llevado a cabo en las asignaturas de Química II del Grado de Ingeniería de Organización Industrial (IOI) y Química Inorgánica del Grado de Farmacia, asignaturas de primer curso en ambos casos. Nuestro propósito no es modificar el desarrollo de las sesiones prácticas de laboratorio que

consideramos fundamentales en el currículo de un graduado en titulaciones de ingeniería y/o ciencias, sino aplicar dinámicas propias de la gamificación en las etapas pre y postlaboratorio.

La elección de los citados grados no es casual. La tipología de los estudiantes que se matriculan en el Grado de IOI es muy heterogénea; predominando, no obstante, el perfil de estudiante con una formación más especializada en humanidades y que, en general, presenta una escasa formación en Química. Como consecuencia, la tasa de éxito de la asignatura de Química, una asignatura de primer curso de formación básica es relativamente baja y, lo que es más preocupante, la percepción que los estudiantes tienen de ella es que es poco útil para su desarrollo formativo y, en general, un escollo importante en sus estudios que simplemente hay que salvar. El perfil en Farmacia es muy diferente, son estudiantes con una clara vocación científica que han cursado biología, física y química en educación secundaria y que han accedido al grado en un proceso altamente competitivo y con resultados académicos excelentes.

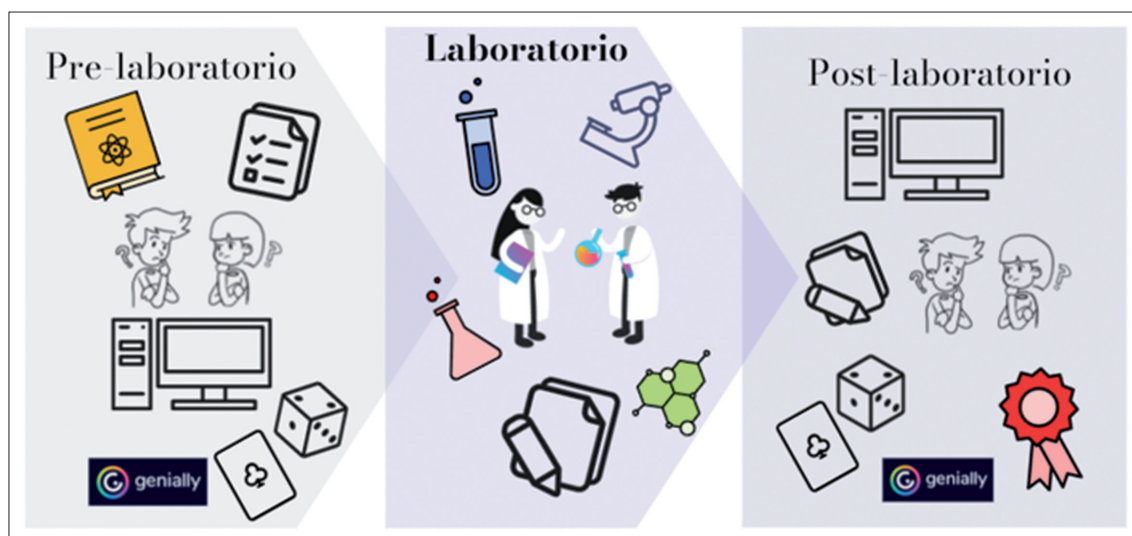


Figura 1. Secuencia de actividades seguida en las prácticas de química general e inorgánica.

El objetivo del presente proyecto es el uso de actividades interactivas y de gamificación en diferentes fases del desarrollo del laboratorio de prácticas (**Figura 1**). Estas actividades se han utilizado como soporte a la docencia presencial en un intento de desarrollar tres tipos de enseñanza: la dirigida por el docente, el aprendizaje autónomo y el aprendizaje colaborativo. Utilizando la herramienta Genially hemos diseñado un guion interactivo de prácticas de laboratorio. En él, el estudiante navega en un escenario en el que los espacios y la estética toma como referencia un laboratorio de química. Basándonos en la metodología “storytelling” y, mediante la incorporación de recursos gráficos e interactividad, los estudiantes van explorando la información necesaria para poder afrontar la realización de las sesiones prácticas de laboratorio con un importante grado de autonomía, incluso tratándose de estudiantes de primer curso que raramente han entrado con anterioridad en un laboratorio de Química. La clave de esta herramienta es que aporta interactividad, ya que los estudiantes exploran la información gracias a videos, etiquetas, ventanas, juegos, conexiones entre páginas del documento, enlaces, etc. El objetivo es captar el interés y la atención de los estudiantes al convertir la información en un contenido que tienen que explorar. La inclusión, por ejemplo, de vídeos cortos en los que se describen las técnicas básicas de laboratorio [13] combina elementos visuales y auditivos y aumenta el grado de motivación de los estudiantes; pero, además, el hecho de incluir preguntas cortas asociadas a los mismos ayuda a mantener la atención y promueve el aprendizaje activo [14].

Asimismo, se ha diseñado un informe final de laboratorio interactivo utilizando la mecánica propia de la gamificación (Ver **Figura 2**). Esta actividad está disponible para los estudiantes justo después de finalizar las sesiones presenciales de laboratorio, por lo que disponen de las anotaciones tomadas sobre los datos experimentales obtenidos en las mismas. Además, pueden afrontar el informe tanto de forma individual como de forma grupal. Con un formato similar al ya mencionado para el guion preparatorio de las sesiones

prácticas, el informe interactivo supone un recorrido por todos los experimentos realizados, estructurado en forma de retos o misiones. Las misiones están diseñadas para poder resolverse de forma individual. Es decir, puede resolverse la misión 1 y la misión 3, sin resolver la 2, con el objetivo de que los estudiantes puedan pasar de pantalla y la actividad sea dinámica. Durante esta actividad se van recogiendo pistas numéricas que le permitirán abrir un candado digital en la misión final.

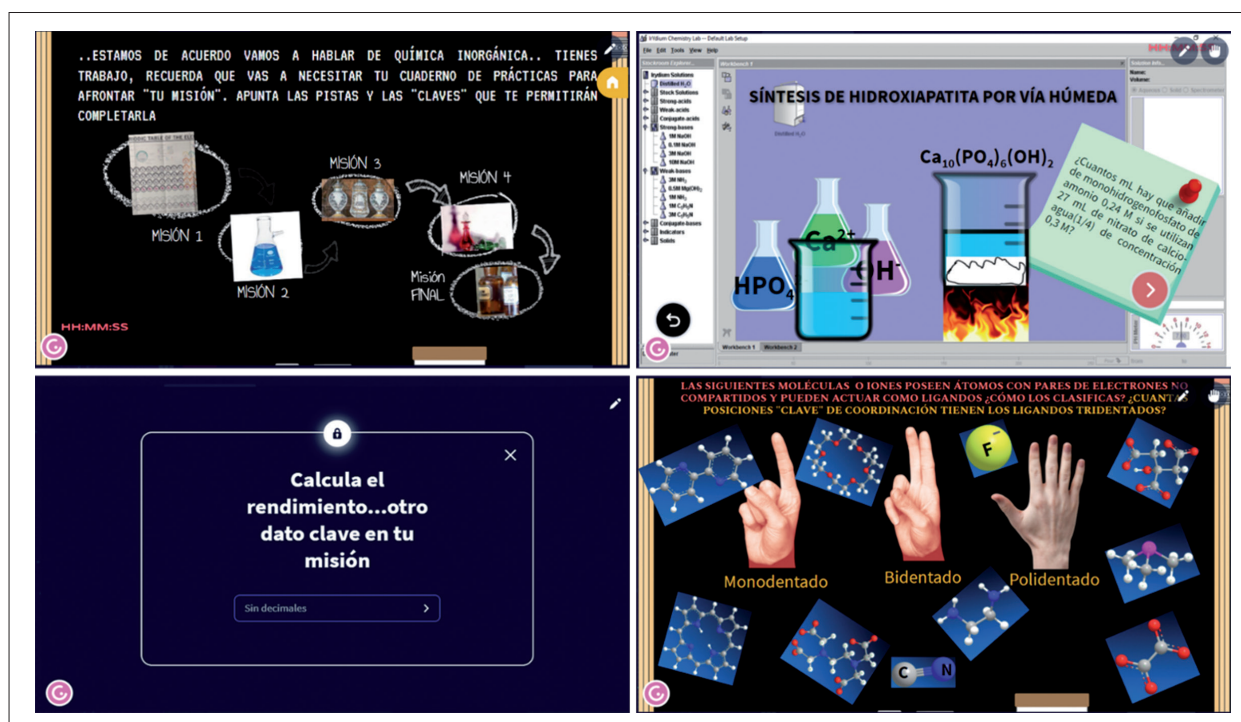


Figura 2. Informe de prácticas de laboratorio interactivo gamificado.

El profesor adopta el rol de guía igual que en una actividad presencial tipo *escape room* lo hace el *game master* aportando las pistas necesarias para continuar con el juego y no quedarse encerrado “para siempre” en la habitación. El profesor atiende dudas sobre los contenidos y estrategias seguidas por los estudiantes y proporciona un *feedback* inmediato. Para evaluar el impacto de esta metodología se han diseñado dos cuestionarios empleando Microsoft Forms incluidos en la misión final de la actividad. Un primer cuestionario tiene como objetivo evaluar si los estudiantes han adquirido los conocimientos necesarios sobre los contenidos y/o técnicas de laboratorio y un segundo cuestionario que pretende conocer el grado de implicación y de satisfacción de los estudiantes.

4. RESULTADOS

En la **Figura 3a** se recogen, a modo de ejemplo, los resultados obtenidos en el formulario de Microsoft en formato multirresposta que acompaña al guion interactivo para evaluar competencias específicas. En él han participado 72 estudiantes matriculados en la asignatura de Química II del Grado de IOI y el tiempo medio de ejecución ha sido de 17 minutos. Aunque los resultados son heterogéneos, se observa que un 62 % de los alumnos respondieron correctamente a las preguntas del cuestionario del prelaboratorio, mientras que un 38 % lo hicieron de forma errónea. Por otra parte, el grado de satisfacción de los estudiantes de IOI con esta metodología es muy alto. En la **Figura 3b** se observa cómo el grado de satisfacción general es de 4,1 sobre 5 y el cuestionario voluntario lo han respondido 61 estudiantes de los 72 que han hecho las prácticas, con un tiempo medio de 3 minutos. Como se puede observar, los alumnos están satisfechos con la inclusión de videos y juegos, consideran que esta metodología es más motivadora y que tienen un mayor interés por las prácticas que van a hacer en el laboratorio. Frente a la pregunta ¿Qué

aspectos mejorarías del guion de prácticas interactivo? de las 4 opciones que se les ofrecía, 27 estudiantes responden que debería añadir una explicación más profunda de algunos aspectos, 24 echan de menos que haya aún más elementos de juego, 19 creen que el cuestionario cuantitativo debería ser más sencillo y 6 que deberían incluirse más vídeos.

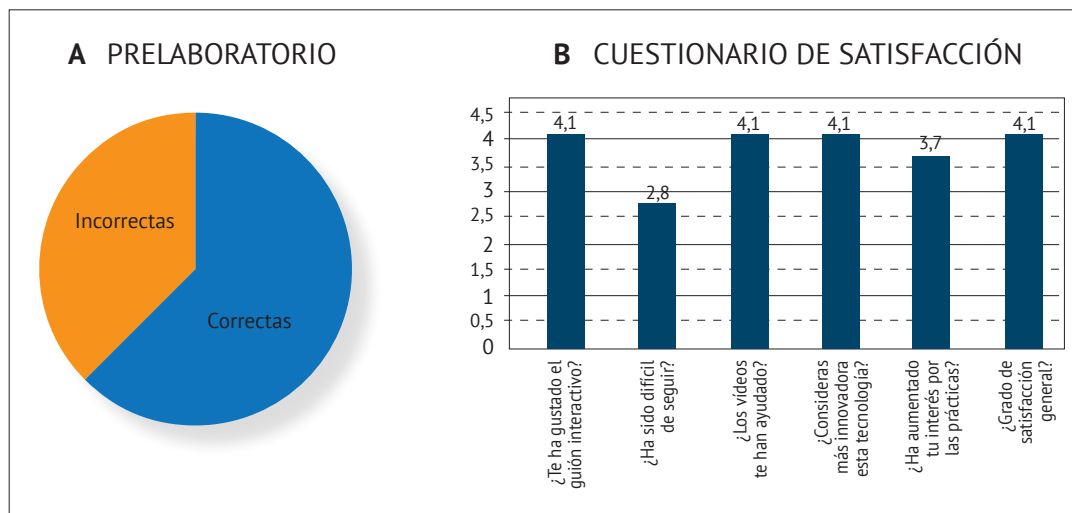


Figura 3. Cuestionario inicial y de satisfacción. Participan 72 y 61 estudiantes, respectivamente, matriculados en la asignatura de Química del Grado de IOI de la URJC.

Al estudiar los resultados obtenidos por los estudiantes matriculados en la asignatura de Química Inorgánica del Grado de Farmacia, observamos que los resultados académicos son muy buenos. De los 35 estudiantes que han participado en la actividad “informe de laboratorio interactivo” solo 5 han pedido ayuda en algún momento de su desarrollo. En la mayoría de los casos se ha abordado como una actividad grupal y colaborativa, de modo el tiempo medio que han empleado en la actividad oscila entre 1 y 3 horas. En contra de lo que se podría esperar de estos estudiantes, con esta metodología el grado de satisfacción es menor. Así, el grado de satisfacción general es solo de 2,7 puntos sobre 5. Al ser preguntados sobre elementos de mejora 20 de los 35 estudiantes que han participado en la actividad exponen que hay demasiados elementos tipo juego y 15 que el trabajo necesario supera con mucho a la metodología más tradicional.

5. CONCLUSIONES

La búsqueda de una nueva dinámica en la impartición de las prácticas de laboratorio que acompañan a las asignaturas de Química en los grados universitarios nos ha llevado a reorganizar estas sesiones prácticas en tres etapas diferenciadas antes, durante y después de las mismas. En un intento de mejorar la implicación, el grado de autonomía y el aprovechamiento de las sesiones prácticas se han diseñado actividades interactivas con una mecánica basada en el juego o la gamificación en forma de guion interactivo previo y un informe de laboratorio interactivo posterior al laboratorio presencial. Los resultados académicos obtenidos mejoran notablemente respecto a metodologías más clásicas de cursos pasados. En base a las respuestas y grado de satisfacción de los estudiantes encontramos dos situaciones diferenciadas. Aquellos con un perfil “científico” y que presentan un buen rendimiento académico, como son los matriculados en la asignatura de Química Inorgánica del Grado de Farmacia, no consideran que esta metodología aporte beneficios frente a otras más clásicas seguidas en otras asignaturas, más bien al contrario, consideran que estas actividades de gamificación no se ajustan a su perfil de estudiantes de un grado universitario y que serían más adecuadas en otras etapas educativas. En contra, estudiantes con un perfil heterogéneo y una

formación en química más deficiente, encuentran estas actividades motivadoras, les ayudan a preparar las prácticas y a despertar su interés por entrar en el laboratorio, como es el caso de los alumnos de Química II de Ingeniería de Organización Industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] TERRILL, B. Bret on Social Games. [En línea] <http://www.bretterrill.com/2008/06/my-coverage-of-lobby-of-social-gaming.html/> [consultado 16/07/2021].
- [2] Oxford Languages: word of the year. [En línea] <https://languages.oup.com/word-of-the-year/> [consultado 16/07/2021].
- [3] CONTRERAS, R.S., EGUÍA, J.L. (2016) Gamificación en aulas universitarias. Institut de la Comunicació, Universitat Autònoma de Barcelona. ISBN 978-84-944171-6-0.
- [4] CHARRETE, R.N. (2013) IEEE Spectrum. [En línea] <https://spectrum.ieee.org/at-work/education/the-stem-crisis-is-a-myth>. [consultado 16/07/2021].
- [5] BANCROFT, S.F., JALAEIAN, M., RICHY JOHN, S. (2021) Systematic Review of Flipped Instruction in Undergraduate Chemistry Lectures (2007–2019): Facilitation, Independent Practice, Accountability, and Measure Type Matter. *Journal of Chemical Education* 98, 2143–2155.
- [6] AVARGIL, S., SHWARTZ, G., ZEMEL, Y. (2021). Educational Escape Room: Break Dalton's Code and Escape! *Journal of Chemical Education* 98, 2313–2322.
- [7] VERGNE, M.J., SIMMONS, J.D., BOWEN, R.S. (2019) Escape the Lab: An Interactive Escape-Room Game as a Laboratory Experiment. *Journal of Chemical Education* 96, 985–991.
- [8] THERRIAULT, C.S., KANTOROWSKI, E.J. (2021) Make or Take: An Active Learning Game of Organic Synthesis. *Journal of Chemical Education* 98, 2023–2028.
- [9] DÍAS, D., FERRAZ-CAETANO, J., PAIVA, J. (2021) "Ethics against Chemistry": Solving a Crime Using Chemistry Concepts and Storytelling in a History of Science-Based Interactive Game for Middle School Students. *Journal of Chemical Education* 98, 1681–1690.
- [10] OLIVER-HOYO, M.T. (2003) Designing a Written Assignment to Promote the Use of Critical Thinking Skills in an Introductory Chemistry Course. *Journal of Chemical Education* 8, 899-903.
- [11] REYNDERS, G., SUH, E., COLE, R.S. SANSOM, R.L. (2019). Developing Student Process Skills in a General Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education* 96, 10, 2109–2119.
- [12] GONZÁLEZ DEL HIERRO, M. (2019) Genially, Libros Interactivos Geniales [En línea] DOI (web) 104438/2695-4176_OTE_2019_847-19-121-5.
- [13] Grup de Recursos per a la Didàctica de la Química (GREDIQ). UPC. [En línea] <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.2/1195> [consultado 16/7/2021].
- [14] PULUKURI, S., ABRAMS, B. (2021) Improving Learning Outcomes and Metacognitive Monitoring: Replacing Traditional Textbook Readings with Question-Embedded Videos. *Journal of Chemical Education* 98, 2156–2166.

ACTIVIDADES STEM UTILIZANDO NUEVAS TECNOLOGÍAS

Juan José Ruiz Ruiz¹, Vicente Iranzo García², José Ramón Pintos Taroncher³

¹ Centro Específico de Educación a Distancia de la Comunidad Valenciana (CEEDCV). Calle Casa Misericordia, 34, 46014 Valencia.

² Cefire CTEM. Calle Poeta Bodria, 4, 46010, Valencia.

³ INTEF. Calle de Torrelaguna, 58, 28027 Madrid.

Dirección de correspondencia: jrpt60@gmail.com

Palabras clave: arduino; indagación; ECBI; STEM; trabajos prácticos.

Keywords: arduino; inquiry; IBSE; STEM; laboratory work.

Resumen

En el CEFIRE CTEM de Valencia se han puesto en marcha cursos de formación del profesorado de secundaria obligatoria y bachillerato en los que se realizan actividades prácticas interdisciplinarias, que incluyen contenidos de ciencias, tecnología y matemáticas. La característica principal de los materiales elaborados es la utilización de la plataforma Arduino para la adquisición de datos experimentales utilizando sensores. La metodología utilizada en la realización y aplicación de los materiales didácticos en el aula es ECBI, es decir, se plantean las actividades como pequeñas indagaciones guiadas por el profesorado. Las actividades prácticas mostradas presentan en común que estudian fenómenos periódicos.

Abstract

At the CEFIRE CTEM in Valencia, training courses for high school teachers have been launched in which interdisciplinary practical activities are carried out, which include science, technological and mathematical content. The main characteristic of the materials produced is the use of the Arduino platform for the acquisition of experimental data through sensors. The methodology used in the realization and application of teaching materials in the classroom is IBSE, that is, the activities are presented as small inquiries guided by the teaching staff. The practical activities shown present in common that they study periodic phenomena.

INTRODUCCIÓN

La comunicación que presentamos corresponde a la descripción de parte de una línea de trabajo que llevamos a cabo en el CEFIRE CTEM (Centro de formación de profesores de ciencias, tecnología y matemáticas) de la comunidad valenciana. Esta línea de trabajo se basa en tres grandes ejes: la interdisciplinariedad de los materiales, la utilización de un modelo de enseñanza basado en la indagación y la aplicación de las nuevas tecnologías en la práctica docente. El proyecto ha cristalizado en la realización de cursos de formación de profesores de secundaria en los que se realizan actividades prácticas de tipo EXAO (Experiencias asistidas por ordenador) utilizando la plataforma Arduino.

Desde hace algún tiempo, se han ido incorporando las nuevas tecnologías en el mundo de la educación. Así, es fácil encontrar en los laboratorios escolares equipos EXAO que consisten en un conjunto de materiales y programas que permiten realizar actividades prácticas de laboratorio de una forma más rápida y sencilla respecto de la forma tradicional [1] permitiendo dedicar más tiempo a la predicción de resultados, emisión de hipótesis, e interpretación y discusión de los resultados obtenidos. En general, estos equipos constan de unos sensores que toman medidas que son enviadas a un ordenador equipado con un programa capaz de interpretar estas medidas y a menudo de analizarlas. Estos equipos comerciales presentan el inconveniente de su elevado precio.

Recientemente, en educación, ha adquirido gran fuerza el movimiento *maker* [2], fundamentalmente en la disciplina de tecnología. Este movimiento apuesta por la filosofía de “Hazlo tú mismo”, basado en las nuevas tecnologías, en la búsqueda de soluciones creativas a problemas cotidianos de forma colaborativa y en la compartición de conocimiento. La introducción de las tarjetas controladores de Arduino en la realización de actividades prácticas de laboratorio [3] es un ejemplo de esta nueva filosofía o movimiento. En este contexto se inscribe la propuesta del CEFIRE CTEM, que vamos a describir y en la que se presentan experiencias EXAO utilizando material de Arduino.

ARDUINO

Arduino está basado en una placa que contiene un microcontrolador al que se pueden conectar diferentes sensores y actuadores, y que a su vez se conecta a un ordenador para poder cargar el software y para intercambiar información. Las ventajas que presenta Arduino frente al uso de equipos EXAO comerciales son que por tratarse de una plataforma libre permite colaborar y compartir información de hardware y software en una amplísima comunidad de usuarios que comparten sus proyectos en Internet, existe una gran variedad de sensores y actuadores aplicables a cualquier proyecto que podamos idear, que son fáciles de conseguir y cuyo precio es asequible.

ACTIVIDADES PRÁCTICAS COMO INDAGACIONES

Un eje principal de los materiales elaborados es que estos se inscriben en un modelo de enseñanza basado en la indagación por lo que las actividades prácticas se plantean como investigaciones o indagaciones guiadas por el profesorado [4-6] que parten de un problema de interés del alumnado, tienen en cuenta el marco teórico necesario para abordar la solución, implican el planteamiento de hipótesis, el proceso de diseño previo a la realización de los experimentos, el análisis crítico de los resultados y el sometimiento de los mismos a un proceso de evaluación argumentativo con los compañeros y compañeras. Especial interés se le confiere al planteamiento del problema en forma de preguntas investigables [7] y la realización de predicciones por parte del alumnado que sirven para poner de manifiesto la existencia de ideas previas o alternativas que puedan dificultar su aprendizaje.

El conjunto de experiencias que presentamos a continuación está diseñado para un curso semipresencial de formación de profesorado de secundaria obligatoria y bachillerato del ámbito STEM, en el que además de realizar actividades prácticas como las mostradas en esta comunicación, en la sesión final del curso, los participantes han de presentar al resto de compañeros una actividad experimental, para realizar en el aula con su alumnado, utilizando tarjetas de Arduino y sensores.

Las actividades mostradas mantienen como eje argumental el hecho de que todas suponen el estudio de algún fenómeno periódico. Para comenzar a trabajar cualquiera de las prácticas es necesario poner de manifiesto el interés de este estudio y en este caso es fácil encontrar ejemplos de fenómenos periódicos que despierten el interés del alumnado, como los movimientos de la Tierra y la Luna, los relojes, los péndulos, el movimiento de un motor o nuestra respiración pulmonar en reposo. Las experiencias que conforman esta propuesta son el estudio de las oscilaciones de un muelle, el voltaje de una corriente alterna, la intensidad de luz de una lámpara incandescente, y el electrocardiograma.

LAS OSCILACIONES DE UN MUELLE

El problema que se plantea en el estudio de las oscilaciones de un muelle es: ¿cómo se mueve un objeto suspendido de un muelle helicoidal cuando se estira hacia abajo y se deja oscilar?

Se pide a los participantes que propongan hipótesis y predicciones alrededor del movimiento del muelle. Evidentemente, el profesorado identifica inmediatamente el movimiento de la masa suspendida del muelle con un movimiento oscilatorio que se aproxima, para periodos cortos de tiempo, a un movimiento vibratorio armónico simple y utiliza en sus predicciones las ecuaciones teóricas del MAS [8]. Pero en esta parte previa de la actividad se hace un paso más allá y se debaten las respuestas que se espera obtener del alumnado en un curso de primero de bachillerato. Aparecen en el debate las ideas alternativas que se han referenciado con frecuencia en estudios de investigación [9] de forma que algunos alumnos suelen describir el movimiento entre los extremos de la oscilación, en el gráfico posición tiempo, lineal como si se tratara de un movimiento uniforme, también proponen una relación lineal entre la posición y la velocidad o incluso afirman que la velocidad se mantiene constante durante una oscilación. También suelen pensar que el periodo de las oscilaciones aumenta al disminuir la amplitud [1].

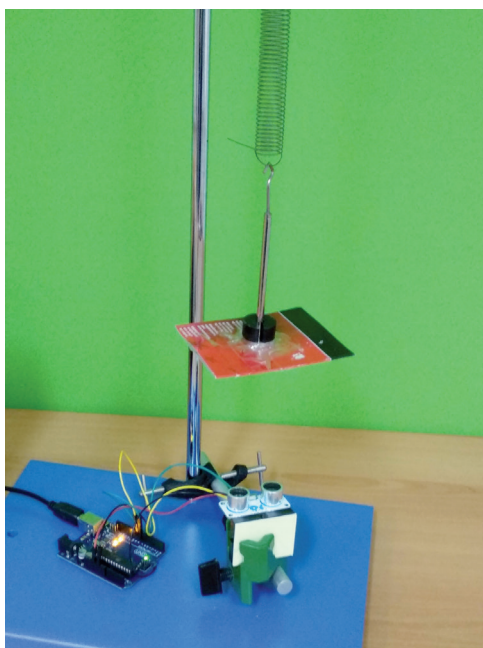


Imagen 1. Montaje experimental con el sensor y el muelle.

A continuación, los profesores proponen un diseño que les permita poner a prueba sus hipótesis para lo que se les proporciona el material necesario para montar el oscilador y el sensor de movimiento HC-SR04 que funciona emitiendo ultrasonidos y captando el eco de los mismos. Arduino determina el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción del ultrasonido reflejado y calcula la distancia al objeto. En la **imagen 1** se muestra el diseño experimental utilizado en la actividad práctica del muelle oscilante.

El programa (sketch) de Arduino se configura de forma que tome datos de posición cada cierto tiempo, en este caso, cada 0,05 s y se guarden en una tabla. Esta tabla de datos se exporta a una hoja de cálculo o a un programa de análisis obteniendo los gráficos correspondientes que se muestran en la **imagen 2**.

En la **imagen 2** se observan los resultados obtenidos en una experiencia donde se puede ver que los puntos experimentales elongación-tiempo, en rojo, se ajustan muy bien al comportamiento de una función seno. La variable elongación se determina restando a la posición la distancia entre el sensor y la posición de equilibrio del muelle. Las funciones de la velocidad y la aceleración del movimiento se han obtenido derivando la función ajustada.

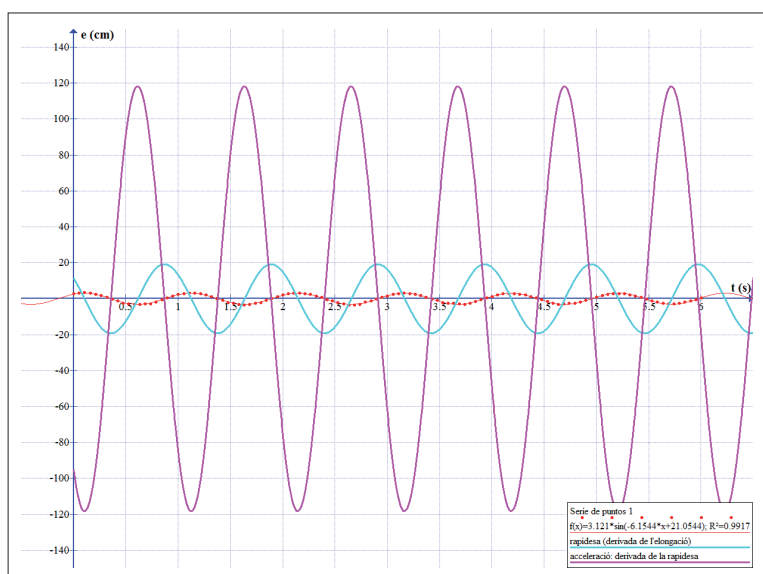


Imagen 2. Gráfica con los datos experimentales.

EL VOLTAJE DE UNA CORRIENTE ALTERNA

Otro fenómeno periódico muy habitual en nuestra vida cotidiana es la corriente alterna. El problema general planteado es ¿cómo es la corriente eléctrica que utilizamos cotidianamente en nuestros hoga-

res? Este problema tan general será difícilmente investigable por lo que la primera fase corresponderá a acotar el problema replanteando la pregunta. Por ejemplo, ¿cómo varía el voltaje de una corriente alterna?

En este caso el reto que se nos plantea es estudiar una corriente alterna utilizando la placa Arduino UNO.

De nuevo se realizan las predicciones de la forma del gráfico del voltaje suministrado por una fuente de tensión alterna utilizada en el laboratorio. Los profesores predicen que la tensión de la corriente eléctrica describirá una curva sinusoidal de frecuencia 50 Hz. Puesto que la placa Arduino dispone de entradas analógicas que le permiten determinar diferencias de potencial, se monta un circuito sencillo con unas resistencias y una bombilla y se conecta la placa a los extremos de una resistencia para obtener el voltaje. En la gráfica de la **imagen 3** se representa el resultado obtenido.

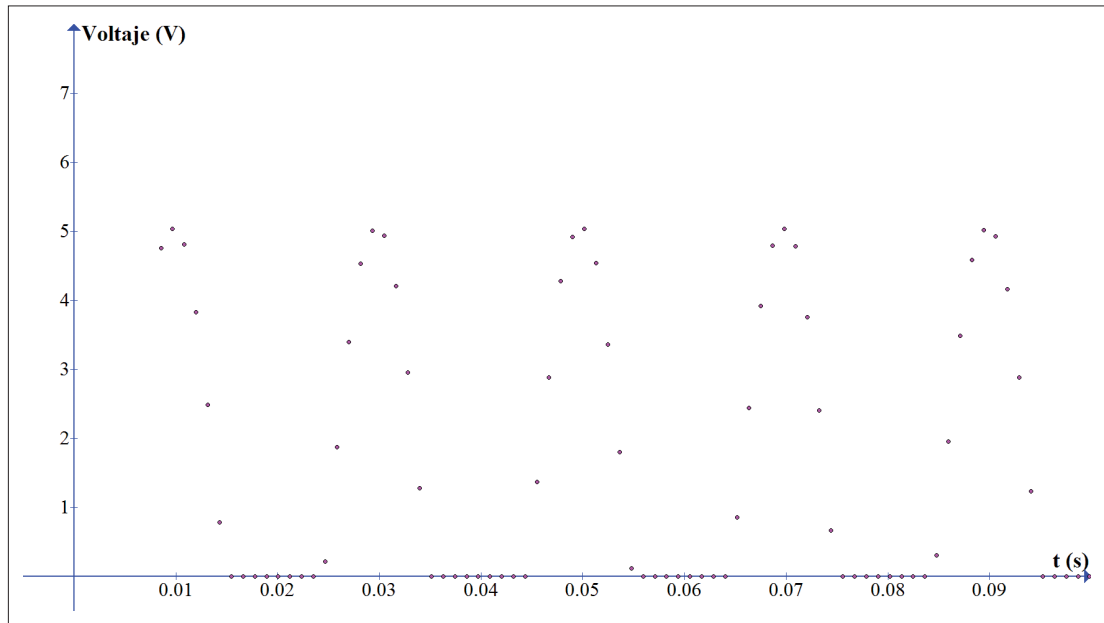


Imagen 3. Gráfica Voltaje-tiempo medido directamente con la placa UNO de Arduino.

Se observa un comportamiento periódico cuyo periodo, tiempo transcurrido entre dos máximos, es de 0,02 s y donde un ciclo completo corresponde la mitad a la parte positiva de la función seno y el resto $V=0$. La pregunta que nos debemos preguntar es: ¿estos resultados representan fielmente la variación del voltaje de la corriente estudiada o existe alguna limitación del sistema de medida que distorsione los datos?

La respuesta se encuentra en la descripción de la placa UNO de Arduino. Esta es capaz de determinar directamente diferencias de potencial positivas.

Para resolver este problema una posible solución es conectar en serie a una fuente de corriente alterna un generador de corriente continua.

En la **imagen 4** se puede observar el montaje experimental utilizado para medir voltajes de corriente alterna con Arduino. A la fuente de corriente alterna se le conecta un conjunto de pilas de corriente continua y a continuación el circuito con una asociación mixta de resistencias en serie con una bombilla incandescente en paralelo cuyo papel es mostrar el flujo de corriente por el circuito.

La placa Arduino se conecta en forma de voltímetro en los extremos de una de las resistencias. Los datos recogidos en forma de tabla por el IDE de Arduino son copiados y exportados al programa Graph con el que graficamos los puntos.

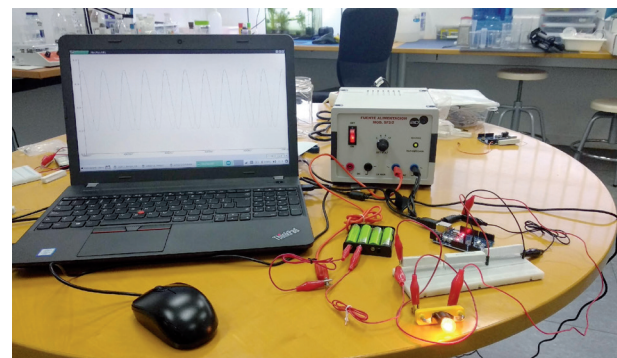


Imagen 4. Montaje de la práctica.

En la gráfica siguiente de la **imagen 5** se representan los valores experimentales de potencial respecto del tiempo correspondiente a los puntos en color rojo.

Se ajustan los puntos experimentales a una función sinusoidal obteniendo la función que se representa con línea negra de valores positivos de voltaje. Para representar los valores del voltaje de la fuente de tensión alterna estos son corregidos mediante el parámetro “d” que correspondería a un desplazamiento vertical de la familia de funciones sinusoidales, es decir, físicamente el potencial positivo suministrado por la fuente de corriente continua o pila. Los datos se ajustan a una función sinusoidal correspondiente a la de la tensión suministrada por la fuente de corriente alterna, es decir, mantiene la misma periodicidad.

Podemos observar comparando la función experimental con la teórica que la frecuencia correspondiente sería 49,96 Hz prácticamente coincidente con el valor 50 Hz esperado.

$$V = V_{\max} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \vartheta); V = 4,873 \sin(313,88 \cdot t - 1,47);$$

$$2\pi \cdot f = 313,88; f = 49,96 \text{ Hz}$$

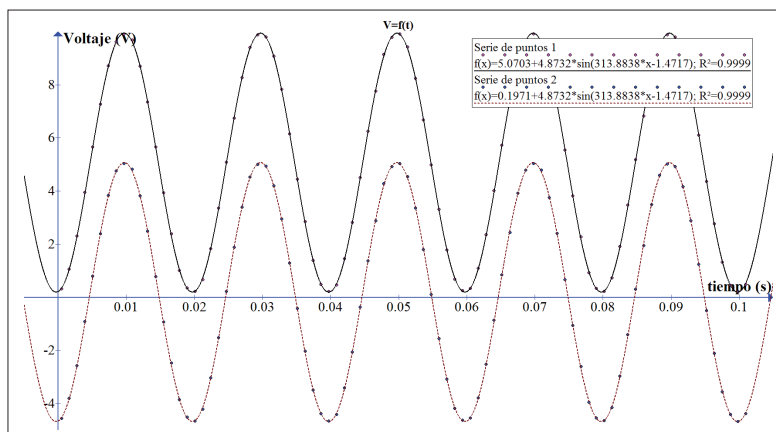


Imagen 5. Gráfica Voltaje-tiempo. Circuito corriente alterna de voltaje positivo.

INTENSIDAD DE LUZ DE UNA LÁMPARA INCANDESCENTE

La resolución de la actividad anterior nos abre nuevas perspectivas de indagación como pueden ser estudiar el efecto que sobre la tensión puede tener la inclusión de otros componentes en el circuito de corriente alterna.

En este caso nosotros nos centraremos en otro posible problema a investigar: ¿por qué se observa la luz de una lámpara incandescente conectada a una corriente alterna como continua y no pulsante?

La resolución de este problema requiere estudiar el tema de la visión desde un punto de vista biológico. Una posible hipótesis sería que las oscilaciones en la intensidad de la luz emitida son tan rápidas que no pueden ser observadas por el ojo humano, pero sí por un sensor de intensidad de luz.

Se propone un diseño experimental para comprobar la hipótesis utilizando una resistencia LDR, variable en función de la intensidad de luz incidente. La frecuencia de muestreo elegida fue de 1000 Hz, por lo que el tiempo que transcurre entre dos medidas sucesivas es de 1 ms. Un aspecto importante a determinar en el diseño de las experiencias es la frecuencia de muestreo que dependerá, en cada caso, de cuál es la característica del fenómeno estudiado y qué hipótesis se quiere poner a prueba.

Los datos experimentales se muestran en la **imagen 6** y, como cabría esperar, se ajustan a una función seno al cuadrado, de periodo aproximadamente 10 ms, que se correspondería con la potencia instantánea de una corriente alterna de 53 Hz de frecuencia.

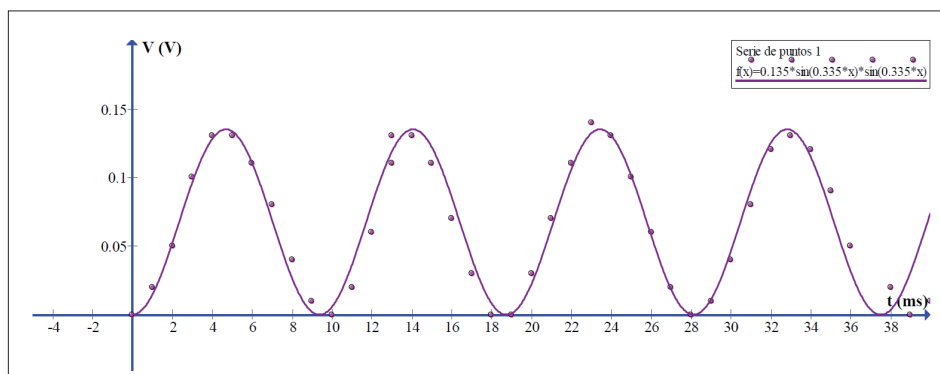


Imagen 6. Voltaje-tiempo en los extremos de una LDR iluminada con bombilla de corriente alterna.

ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)

El electrocardiograma es una prueba que registra las señales eléctricas del corazón que se producen en cada latido cardíaco. Introducimos esta práctica porque, en línea con las anteriores, es también un fenómeno periódico.

Para el estudio se va a utilizar el sensor de ritmo cardíaco AD8232 que va a ampliar las diferencias de potencial que le llegan de tres electrodos conectados al torso. Son del orden de milivoltios, y se las va a entregar a una placa Arduino en la que hemos descargado el programa que controla el procedimiento y procesa los datos para poder graficar la onda del ECG en el ordenador.

La gráfica de la **imagen 7** se ha obtenido representando, mediante una hoja de cálculo, los valores medidos con los sensores, y permite distinguir las diferentes fases del ciclo cardíaco y calcular los tiempos de cada intervalo característico. Las 3 ondas más evidentes son:

- la onda P (debida a la contracción auricular, se produce debido a los potenciales eléctricos al despolarizarse las aurículas, justo antes del comienzo de la contracción).
- la onda QRS (propagación de la onda de despolarización por el ventrículo).
- la onda T (repolarización ventricular).

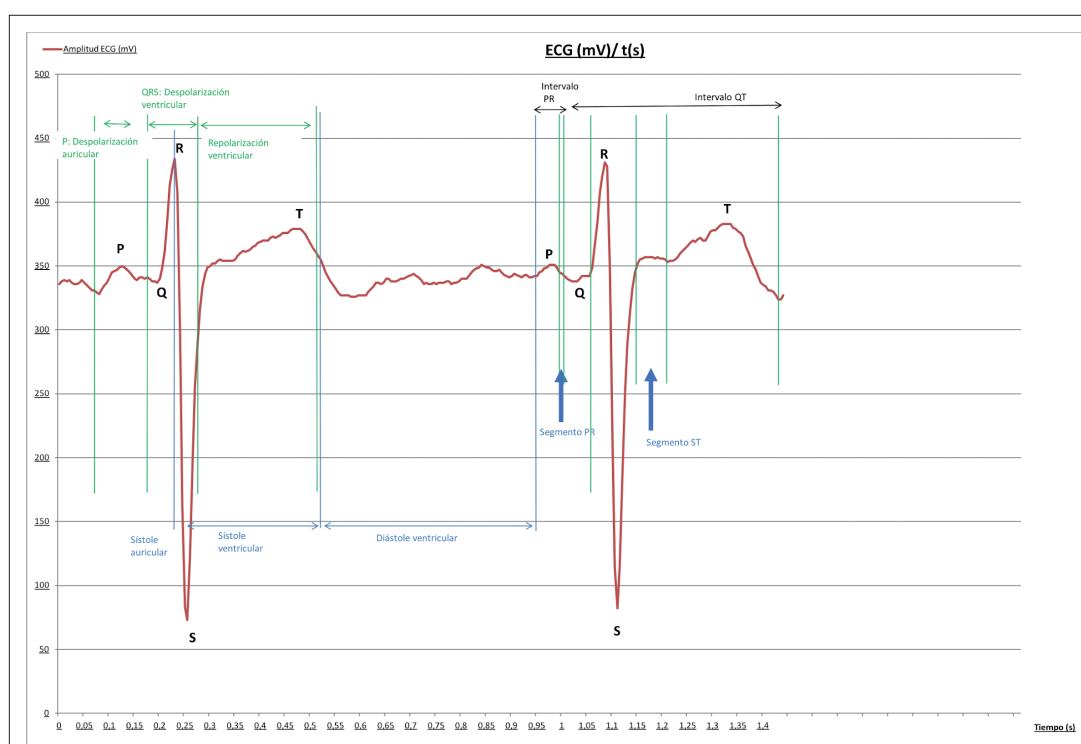


Imagen 7. Gráfica de las diferentes partes de un período completo de contracción-dilatación del corazón.

CONCLUSIONES

Los resultados del trabajo colaborativo entre profesores de distintas disciplinas han sido abundantes, diversos, de calidad y novedosos. Esto ha sido apreciable tanto en el trabajo de los asesores que hemos colaborado en la creación de materiales para los cursos de formación de profesores como en los materiales elaborados por los profesores asistentes a los mismos. La valoración de los profesores participantes en los cursos implementados ha sido positiva. También los alumnos que han realizado actividades siguiendo la metodología propuesta las han valorado positivamente.

Las experiencias realizadas son abiertas y sus resultados no suponen un punto final, sino que a menudo sirven de punto de partida para el planteamiento de nuevos problemas y la realización de nuevas indagaciones.

Así, por ejemplo, en el caso de las oscilaciones de un muelle se han planteado indagaciones alternativas como el estudio de la relación entre el periodo y la amplitud, la influencia de la masa oscilante con el periodo, las oscilaciones amortiguadas, etc. En el caso de la corriente alterna se ha diseñado un procedimiento que permite utilizar Arduino para realizar medidas en circuitos de corriente alterna. En el caso de la determinación de la intensidad de la luz, podríamos plantearnos el problema ¿cuál es la frecuencia mínima de oscilación de una luz pulsante para que esta sea distinguida por el ojo humano?

También hemos comprobado que la realización de actividades como las propuestas, dentro de una metodología de ECBI (enseñanza de las ciencias basada en la indagación), permite poner en cuestión ideas alternativas respecto de contenidos conceptuales que suelen estar muy arraigadas en el alumnado y que son muy difíciles de cambiar. Además, este trabajo colaborativo, interdisciplinar, participativo, argumentativo, cuestiona estas ideas deformadas de la ciencia que la consideran rígida y algorítmica o exclusivamente analítica. Es decir, proporciona una idea de la naturaleza de la ciencia al alumnado más realista.

Aunque se dispone de gran cantidad de información de software y hardware de la plataforma Arduino, preparar las actividades prácticas es un proceso costoso de comprobación de los sensores y adecuación de los programas, por lo que es conveniente establecer redes de profesores que compartan información de aspectos relacionados con las prácticas siguiendo la filosofía Maker.

Pensamos que este es un proyecto innovador puesto que incorpora materiales de Arduino correspondientes a avances recientes en tecnología al alcance de todos, que permiten al alumnado ser creativo en un entorno tecnológico que les es cotidiano.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] TORRES CLIMENT, A.L. (2010). Empleo del laboratorio asistido por ordenador en la enseñanza de la Física y la Química de Secundaria y Bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), pp. 693-707, [en línea], doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i3.08
- [2] ALEGRE, M. S., CUETOS, M.J. (2021). Sensores y equipos de captación automática de datos en los Trabajos prácticos de Física y Química de Secundaria y Bachillerato: el uso de Arduino. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1202, [en línea], doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1202
- [3] ROSENFELD, E., SHERIDAN, K. (2014). The Maker Movement in Education. *Harvard educational review*, 84, 4, pp. 495-504.
- [4] GIL, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- [5] BYBEE, R. W. (2006). *Scientific Inquiry and Science Teaching. Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*. Dordrecht, The Netherlands, Springer: 1-12.
- [6] CARRASCOSA, J., DOMENECH, J.L., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., OSUNA, L., VERDÚ, R. (2016). ¿Cuál debería de ser el papel de los trabajos prácticos? *En Curso básico de didáctica de las ciencias, Valencia*, ed. E. Corredor, pp 53-77, [en línea], disponible en: <https://didactica fisica quimica.es/curso-basico-de-didactica-de-las-ciencias/> [Consultado el 6-04-2021].
- [7] SANMARTÍ, N., MÁRQUEZ, C. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 70, pp. 27-36.
- [8] TIPLER, P.A. (1999). *Física, para la ciencia y la tecnología*. Vol 2. Electricidad y magnetismo. Barcelona. Editorial Reverté.
- [9] GARCÍA, A., BOLIVAR, J.P. (2008). Efecto de las simulaciones interactivas sobre las concepciones de los alumnos en relación con el movimiento armónico simple. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), pp. 681-703.

EL TELÉFONO INTELIGENTE COMO RECURSO DIDÁCTICO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Ramón Viloria Raymundo, Verónica Tricio Gómez

Departamento de Física. Plaza Misael Bañuelos, s/n. Facultad de Ciencias, Universidad de Burgos. 09001 Burgos (España).
rviloria@ubu.es / vtricio@ubu.es

Dirección de correspondencia: **rviloria@ubu.es**

Palabras clave: TIC; teléfono inteligente; laboratorio de física; STEM; educación secundaria; aprendizaje activo.

Keywords: TIC; smartphone; physics laboratory; STEM; secondary education; active learning.

Resumen

Es de consenso entre los educadores la necesidad de una revisión de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Las ciencias, y en particular la física, necesitan de una formación experimental. La legislación establece el uso de las TIC como elementos transversales a todas las materias y no hay dispositivo más representativo de las TIC que los teléfonos inteligentes, un recurso material idóneo para implicar al alumnado en el aprendizaje científico-tecnológico.

En este trabajo se presentan algunos de los materiales didácticos y experiencias diseñadas y preparadas para ESO y Bachillerato con los sensores de los teléfonos inteligentes para poder utilizarlos como herramientas de aprendizaje e instrumentos de medición en la enseñanza experimental de la física. Se pretende que el alumno comprenda y analice fenómenos físicos sencillos, mediante la recogida, representación, análisis e interpretación de los datos recopilados en su teléfono móvil.

Abstract

The need for a review of teaching-learning processes has a high degree of consensus among educators. The sciences, and in particular physics, require experimental training. The legislation establishes the use of ICT as transversal elements to all subjects and there is no device more representative of ICT than smartphones, suitable material resources for this purpose, in order to involve students in scientific-technological learning.

This work presents some of the teaching materials and experiences that have been designed and prepared with smartphones sensors (for Bach and ESO levels) to be used as learning tools and measurement instruments in the teaching of physics. Experiences designed have been developed to ensure that the student is able to understand and analyze simple physical phenomena, through the collection, representation, analysis and interpretation of the data collected from their smartphones.

INTRODUCCIÓN

Vivimos en una sociedad enormemente tecnológica, sujeta a constantes cambios y a un bombardeo incesante de nueva información. Esta revolución social no ha dejado atrás al ámbito educativo; la adaptación a esta sociedad del conocimiento es un reto para los docentes.

El uso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) puede contribuir muy eficazmente al aprendizaje de los alumnos. Numerosos estudios confirman cómo estas tecnologías mejoran muchos aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje [1].

Las leyes educativas también promueven su uso: la nueva Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, de Educación [2] insiste en tener en cuenta el cambio digital que se está produciendo en nuestras sociedades. Esta ley establece que las Administraciones educativas y los equipos directivos de los centros deben promover el uso de las TIC en el aula como medio didáctico. Es necesario revisar y rediseñar los métodos actuales de enseñanza y desarrollar proyectos educativos acordes a las necesidades actuales [3], y en concreto de las asignaturas de ciencias. Es necesario que se ajusten a los nuevos tiempos que corren, al ritmo de la sociedad actual, a las nuevas tecnologías y a las nuevas formas de comunicación. En definitiva, que se ajusten a la sociedad de la información en la que vivimos.

Una de las posibilidades englobadas en las TIC es la utilización de dispositivos móviles; conocido como aprendizaje móvil, *mobile learning* o *m-learning*. Si hay un dispositivo que represente dicha sociedad tecnológica, este es el *smartphone* o teléfono inteligente. Este dispositivo puede ser de gran ayuda para apoyar la formación experimental en el laboratorio, que es una de los pilares básicos de la enseñanza de las asignaturas científicas [4].

Además, los teléfonos inteligentes constituyen elementos idóneos para motivar e implicar al alumnado en este aprendizaje científico-tecnológico, uno de los objetivos del VI Congreso de Docentes.

OBJETIVOS Y MÉTODO

Los tres principales objetivos que se busca alcanzar son: a) elaborar experiencias de física para los niveles educativos de E.S.O y Bachillerato, b) utilizar los teléfonos móviles como instrumento de medición de parámetros físicos, visualización, etc. en las experiencias de física propuestas, c) preparar materiales didácticos para la realización de experiencias de física con el uso del teléfono móvil.

En esta comunicación se presentan materiales didácticos y experiencias con teléfonos inteligentes al objeto de aprender a utilizarlos como herramientas prácticas e instrumentos de medición en la enseñanza de la física, en un ambiente STEM.

Los autores han diseñado y elaborado experiencias de física con teléfonos inteligentes para conseguir que el alumno comprenda y analice fenómenos físicos sencillos, que favorecen su aprendizaje activo, y que pueden ser manejados por el docente en el aula.

Para ello, se ha creado y preparado una diversidad de materiales docentes para el profesor y para el alumno, que abordan diferentes áreas de la física y están adaptados a su necesidad y la del aula. En cada una de las experiencias los materiales han sido elaborados a modo de guía docente para que puedan ser utilizados durante la clase y en el laboratorio.

LOS SMARTPHONES, UNA ESTRATEGIA PEDAGÓGICA

El grado de inserción de teléfonos inteligentes en nuestra sociedad crece a un ritmo muy elevado. Todos los jóvenes de más de 15 años disponen de uno de ellos.

Estos dispositivos incorporan altavoces, micrófonos, leds, cámaras y gran número de sensores (GPS, acelerómetro, giroscopio, magnetómetro, barómetro, sensor de proximidad, sensor de iluminancia, sensor de temperatura,...) [5].

Los teléfonos inteligentes permiten la instalación de una enorme diversidad de aplicaciones con las que podemos aumentar sus posibilidades (Physics Toolbox, Phyphox,...). El uso de estas aplicaciones permite desarrollar el enorme potencial que los sensores antes citados poseen.

La utilización de otras herramientas y programas de ordenador (Tracker, Excel) supone un complemento fundamental para las experiencias propuestas, pues permiten realizar diversas tareas y determinaciones complementarias.

Utilizando en el aula y en el laboratorio los teléfonos inteligentes se puede recuperar el interés de los alumnos por la física, ya que estos dispositivos suponen una herramienta cercana y de uso cotidiano. Gracias a su gran versatilidad, y al empleo de metodologías didácticas como la gamificación [6], se puede conseguir despertar en el alumno el interés por la experimentación, tan importante en las materias científicas, y estamos convencidos de que las actividades incluidas en esta propuesta pueden ser muy motivadoras.

El reto es adaptar un dispositivo como el teléfono inteligente para el uso educativo, aunque no ha sido concebido nativamente para ello, a la vez que hacemos protagonistas a los estudiantes de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje.

EXPERIENCIAS ELABORADAS

En la **tabla I** se muestra el listado completo de las experiencias que han sido desarrolladas [7,8], para abordar los objetivos anteriormente indicados. Se busca dar respuesta a la integración de los teléfonos móviles en la enseñanza experimental de la física mediante la elaboración de un conjunto de materiales didácticos para cursos diversos tanto de ESO como de Bachillerato.

Tabla I. Experiencias elaboradas (elaboración propia)

¿A qué velocidad nos movemos? NIVEL: 2º E.S.O. (Bloque 3. El movimiento y las fuerzas)	CONTENIDOS: <ul style="list-style-type: none"> - El movimiento. Posición. Trayectoria. Desplazamiento. - Velocidad media e instantánea. - M.R.U. Gráficas posición tiempo (x-t).
Buscando el norte entre brújulas e imanes NIVEL: 3º E.S.O. (Bloque 3. El movimiento y las fuerzas)	CONTENIDOS: <ul style="list-style-type: none"> - Magnetismo natural. La brújula. - Relación entre electricidad y magnetismo. El electroimán. - Experimentos de Oersted y Faraday. Fuerzas de la naturaleza.
Gira y gira, ¡Qué mareo! NIVEL: 4º E.S.O. (Bloque 2. El movimiento y las fuerzas)	CONTENIDOS: <ul style="list-style-type: none"> - Movimiento rectilíneo uniforme, rectilíneo uniformemente acelerado y circular uniforme. - Representación e interpretación de gráficas asociadas al movimiento.
Si Hooke levantara la cabeza NIVEL: 1º Bachillerato (Bloque 7. Dinámica)	CONTENIDOS: <ul style="list-style-type: none"> - Fuerzas elásticas. Ley de Hooke. Dinámica del M.A.S. - Movimiento horizontal y vertical de un muelle elástico.
A la búsqueda del fantasma NIVEL: 2º Bachillerato (Bloque 7. Dinámica)	CONTENIDOS: <ul style="list-style-type: none"> - Reflexión y refracción. - Reflexión y refracción de la luz. refracción de la luz en una lámina de caras paralelas. Reflexión total.
El viaje de la luz NIVEL: 2º Bachillerato (Bloque 4. Ondas)	CONTENIDOS: <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad de una onda. Atenuación y absorción de una onda.

Para todas ellas se han elaborado guías docentes muy extensas, incluyendo tabla presentación, ficha del alumno, ficha del profesor; ficha con resolución completa de la experiencia o experiencias planteadas, además de materiales complementarios y actividades de refuerzo. A continuación se describen en este trabajo con detalle dos de las citadas experiencias.

GIRAY GIRA, ¡QUÉ MAREO!

Esta experiencia tiene por objeto el estudio del movimiento circular uniforme (m.c.u.) de una forma práctica y divertida. Mediante nuestro teléfono móvil y la aplicación Physics Toolbox [9], vamos a poder conocer el m.c.u. y sus magnitudes físicas más características (periodo, aceleración centrípeta).

Para su ejecución se ha preparado el montaje en el laboratorio que se muestra en la **figura 1**:

- A. Fuente de alimentación.
- B. Motor.
- C. Plataforma giratoria.

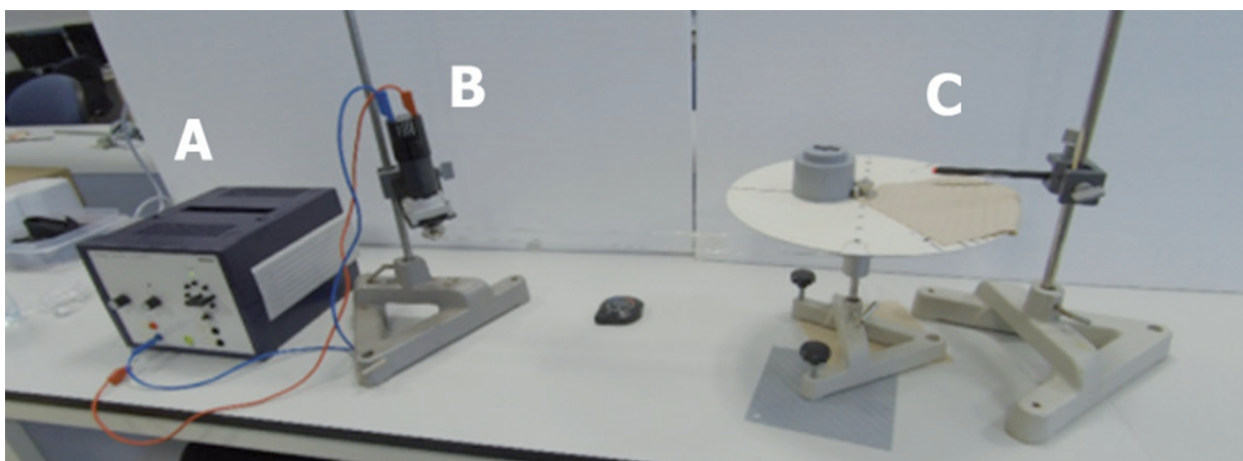


Figura 1. Dispositivo experimental de la práctica (elaboración propia).

Se determina inicialmente en esta práctica la posición del acelerómetro del móvil. Este dato es necesario para conocer la distancia al eje de giro del punto donde se realizan las mediciones. Se usa también el sensor de iluminancia como herramienta auxiliar para determinar el periodo de giro, como se puede comprobar en la **figura 2**, en la que se observa cómo un simple rotulador permite oscurecer una vez por vuelta el sensor, obteniendo de ese modo un registro simultáneo de la aceleración y del periodo de giro.

Igualmente se puede realizar la actividad con cualquier otro medio que mantenga una velocidad de rotación constante como un tocadiscos, un tiovivo, ... En la **figura 3** se muestra la misma práctica, pero realizada utilizando un plato de tocadiscos de 2 velocidades de giro. Se propone, asimismo, al estudiante la posibilidad de realizar la práctica fuera del aula y medir subido a un tiovivo, siendo en este caso necesario registrar manualmente el número de vueltas y medir la distancia al eje de giro.

Al igual que en el resto de las experiencias se ha preparado una ficha del profesor y una ficha del alumno. Como materiales didácticos complementarios siempre se ofrecen actividades adicionales, tanto de introducción al tema como de refuerzo (vídeos, *applets*, ...).

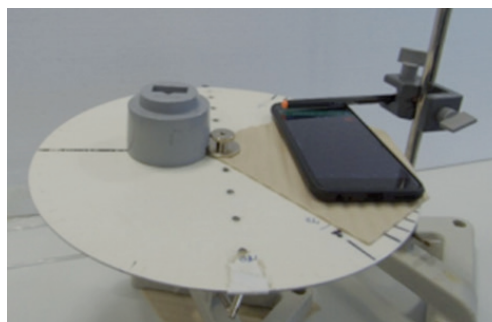


Figura 2. Adaptación para determinar el periodo de giro (elaboración propia).

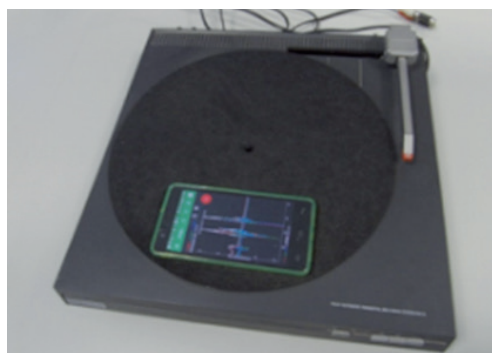


Figura 3. Dispositivo experimental utilizando un plato de tocadiscos (elaboración propia).

A partir de las medidas experimentales registradas por el *smartphone* con la aplicación indicada, los estudiantes obtienen los valores medios de velocidad angular, lineal y fuerza centrípeta. En la **tabla 2** se pueden comprobar los valores obtenidos con el dispositivo experimental antes descrito, y que son los cálculos que los estudiantes deben realizar una vez tomadas las medidas experimentales.

Tabla 2. Cálculos realizados a partir de los datos experimentales recogidos con la aplicación Physics Toolbox en el teléfono inteligente

	ω (rad/s)	v (m/s)	F_{cp} (N)
Prueba 1	5,77	0,51	0,60
Prueba 2	4,33	0,36	0,32
Prueba 3	1,36	0,11	0,03

EL VIAJE DE LA LUZ

Mediante esta experiencia se va a estudiar la atenuación en una onda electromagnética. Más concretamente, la atenuación que sufre la luz a medida que se aleja del foco emisor. Para ello nos vamos a servir de dos teléfonos móviles, uno va a actuar como fuente luminosa (aunque usaremos también otras fuentes) y el segundo como instrumento de medida de la intensidad lumínica. La medición se hará con la aplicación Physics Toolbox.

La práctica que aquí se presenta se ha realizado utilizando fuentes de luz diversas y un banco óptico de laboratorio (**figura 4**).

La experiencia se realizó en un banco óptico con varias fuentes de luz. Se usaron la lámpara led del móvil, un foco halógeno, una linterna y una bombilla incandescente. Teniendo en cuenta que la ley se cumple para una fuente de luz puntual, comprobamos que el elemento que mejor cumplía la ley física de la inversa del cuadrado de la distancia fue la lámpara led del teléfono móvil.

En la **figura 5** se muestra una serie de datos medidos, en concreto la que usa la luz de la lámpara led del segundo móvil, y podemos ver en la representación gráfica cómo el exponente del ajuste es muy cercano a 2, que es el resultado esperado.



Figura 4. Mediciones utilizando un banco óptico (elaboración propia).

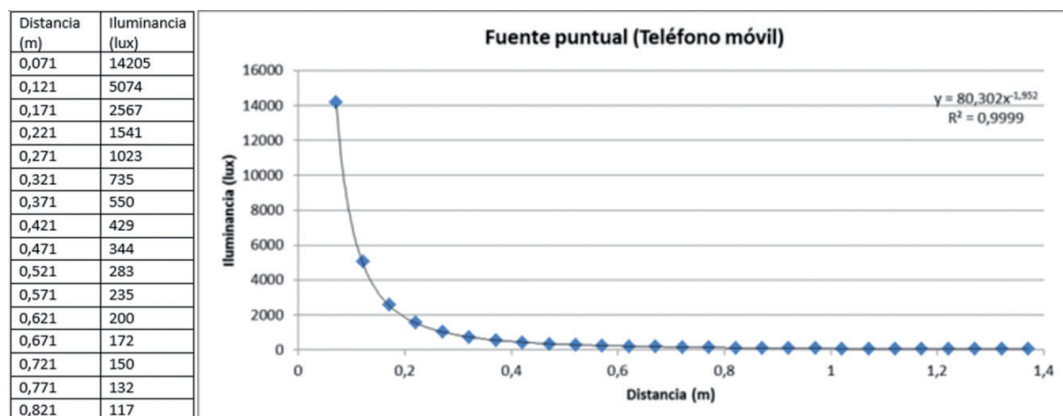


Figura 5. Datos experimentales obtenidos y ajuste a una función potencial.

El buen resultado obtenido para la lámpara led del segundo móvil, hace que la práctica pueda realizarse con materiales muy simples, únicamente teniendo un recinto oscurecido. Y por ello, de cara a la realización en el aula, proponemos el uso de un segundo móvil como fuente de luz, no limitándonos a su uso como instrumento de medida, es decir, la propuesta es que los profesores se animen a hacer las medidas utilizando los dos móviles y materiales caseros: cinta métrica y cajas de cartón como soportes, como se muestra en la **figura 6**.

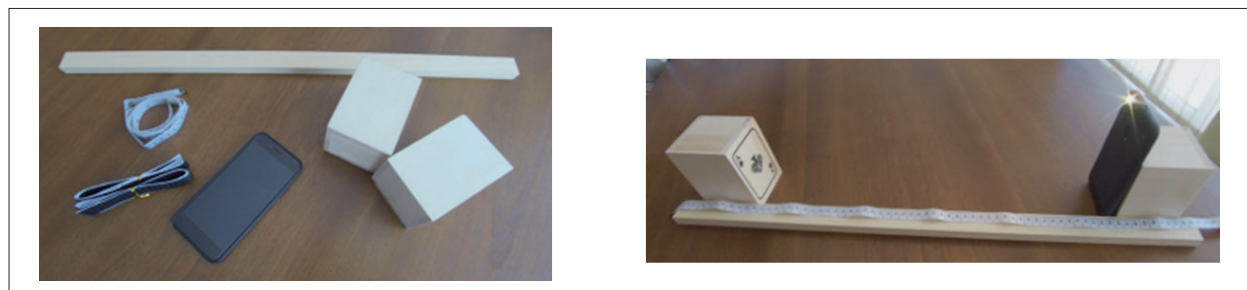


Figura 6. Materiales utilizados y banco óptico sencillo montado.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Este trabajo promueve el uso de las TIC en el aula para la motivación de los estudiantes, mediante la integración de los teléfonos móviles en prácticas de laboratorio diseñadas y preparadas ad hoc para diferentes niveles educativos.

Se han elaborado experiencias de física con su correspondiente material didáctico, utilizando en cada caso el teléfono inteligente como herramienta e instrumento de medición en un ambiente STEM de enseñanza.

Se han utilizado diversos sensores de los teléfonos inteligentes y se han buscado las aplicaciones y programas más adecuados para poder ser utilizados por los propios alumnos, como ha quedado mostrado en dos de las experiencias desarrolladas en esta exposición.

Se han estudiado diversos fenómenos físicos, analizando e interpretando los datos recogidos con la utilización de sensores de los teléfonos móviles, aplicaciones, programas y herramientas complementarias.

Se han implementado a) una experiencia preparada para el nivel de 4º de la ESO y b) una experiencia para 2º de Bachillerato, utilizada también con estudiantes del Máster de Profesorado en la asignatura de Innovación Docente como parte de la formación práctica de estos nuevos profesores. Algunas de las experiencias diseñadas han sido también llevadas al aula con buenos resultados por parte de los estudiantes durante su periodo de prácticas.

En síntesis, se han comprobado las amplias posibilidades pedagógicas que ofrece la integración de los teléfonos móviles en el laboratorio de física para los niveles de la ESO y de Bachillerato.

BIBLIOGRAFÍA

AVELLÓ MARTÍNEZ, R., DUART, J. (2016). Nuevas tendencias de aprendizaje colaborativo en e-learning. Claves para su implementación efectiva. *Estudios Pedagógicos*, XLII(1), 271-282.

CANTILLO, C., ROURA, M., SÁNCHEZ-PALACÍN, A. (2012). Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación. *La Educ@ción*, (147) 1-21.

CIORDIA JIMÉNEZ, M. (2017). Problemas actuales de la enseñanza de la física y de la química en el sistema educativo español. *Publicaciones Didácticas* (87), 216 a 221.

COLLADO CABEZA, S. (2018). Experiencias de física con smartphones. Trabajo Fin de Máster. Máster Universitario en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato. Universidad de Burgos.

LOMLOE (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. BOE núm. 340, de 30 de diciembre de 2020.

PHYSICS TOOLBOX SENSOR SUITE. (2021). Obtenido de https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chrystianvieyra.physicstoolboxsuite&hl=es_419

SANCHO, J. M. (2006). Tecnologías para transformar la educación. Madrid: Ediciones Akal S.A.

TRAXLER, J., VOSLOO, S. (2014). Introduction: The prospects for mobile learning. *Prospects*, 44(1), 13-28.

VILORIA RAYMUNDO, R., TRICIO GÓMEZ, V., COLLADO CABEZA, S. (2018). *LOS TELÉFONOS MÓVILES COMO HERRAMIENTAS TIC PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA. I CONGRESO IBEROAMERICANO DE DOCENTES*. ED.: ASOCIACIÓN FORMACIÓN IB. ISBN: 978-84-948417-0-5.

Índice de autores

Alique, Matilde	21	Martín Blanco, Carlos J.	137
Aranda-Cuerva, Elena	29	Martín Nieto, Sofía	137, 241
Arnau Marco, Ernest	259	Martín-Blanco, Carlos J.	241
Blázquez Barbadillo, Cristina	269	Martínez Aznar, María Mercedes	181
Blázquez de Paz, Isabel	39, 163	Martínez Pons, José Antonio	145
Bringas Bollada, María	275	Martínez-Conde Ibáñez, Alfonso	275
Caamaño Ros, Aureli	45	Mayor de la Torre, Pilar	275
Calvo Pascual, M. Araceli	81	Méndez Arriaga, José M.	291
Camarero Lozano, Paula	217	Menéndez Ramos, José Carlos	269
Cano Barquilla, María Pilar	275	Moreno Martínez, Luis	155
Carracedo Añón, Julia	21, 55	Ortiz-Bustos, Josefa	297
Carrero Ayuso, Isabel	63	Palomino Álvarez, Isaac	163
Cassinello Espinosa, Pablo	69	Pérez de Miguel sanz, María Juliana	275
Cuetos Revuelta, María José	281	Pérez, Yolanda	297
de la Fuente Fernández, Almudena	81	Pérez-Martín, José Manuel	29
del Hierro, Isabel	297	Pinto Cañón, Gabriel	170
Díaz García, Diana	291	Pintos Taroncher, José Ramón	259, 305
Díaz Sánchez, Miguel	291	Prada Alonso, Alexandra	207
Eff-Darwich Peña, Antonio	89, 105	Prashar, Sanjiv	291
Fernández Arévalo, Lorena	95	Ramírez, Rafael	21
Fernández Mateos, María Pilar	275	Ramiro Roca, Enric	69
Fernández Novell, Josep M.	11	Ramos García, María Teresa	269
Fesharaki, Omid	225	Rivero Fuente, Pedro José	249
García García, Eugenia	95	Rosa Novalbos, David	181
García Ruiz, Andrés	233	Ruiz Ruiz, Juan José	259, 305
García-Frank, Alejandra	225	Sánchez Cebrián, Juan Domingo	269
Goded Merino, Alejandra	89, 105	Sánchez Sánchez, Noelia	189
Gómez Ruiz, Santiago	291	Serrano Amarilla, Natalia	281
González Matilla, Juan Francisco	269	Solé Llussà, Anna	123
Iranzo García, Vicente	305	Tomás Cardoso, Rafael	197
Jiménez Lloret, Abigail	113	Tricio Gómez, Verónica	313
Jiménez Ortega, Vanesa	275	Valls Bautista, Cristina	123
Luciáñez Sánchez, Gema	123	Vázquez Mínguez, Óscar	207
Magaña Ramos, Marina	131	Villa Doblas, María	281
Manzanal Martínez, Ana Isabel	281	Villacampa Sanz, Mercedes	269
Marcos Salas, Beatriz	281	Viloria Raymundo, Ramón	313
Marrodán Serrano, María Dolores	55	Virto Ruiz, Leire	275

Palabras clave

- ABP.....189
- actualización del profesorado.....11
- actualización metodológica.....63
- alimentación.....123
- ambientes obesogénicos.....197
- análisis.....259
- aprendizaje activo.....249, 313
- aprendizaje basado en proyectos.....181
- aprendizaje centrado en el estudiante.....113
- aprendizaje cooperativo interuniversitario.....121
- aprendizaje cooperativo.....189
- aprendizaje lúdico.....291
- aprendizaje-servicio.....241
- aprendizaje.....63, 95
- árboles.....241
- arduino.....305
- atención a la diversidad.....225
- bachillerato.....155
- biología y geología 1ºESO.....189
- biología y geología.....181
- bioquímica.....11
- bioquímica.....275
- botánica.....241
- cambio climático.....233
- chemtube3D.....291
- ciencia interactiva.....291
- ciencias.....281
- cine y televisión.....281
- clave dicotómica.....241
- colaboración.....95
- competencia en alimentación.....123
- congreso científico.....55
- control genético.....163
- creación de vocaciones científicas.....11
- creatividad.....131
- currículum.....233
- debate escolar.....207
- destrezas científicas.....29
- determinación estructural.....269
- dieta equilibrada.....39
- divulgación científica.....217
- divulgación.....55
- docente.....131
- ECBI.....259, 305
- ecología vegetal.....137
- educación infantil.....29
- educación para la salud.....197
- educación primaria.....89, 105, 217
- educación secundaria obligatoria.....155
- educación secundaria.....11, 89, 105, 313
- educación STEAM.....171
- educación.....95, 131, 233
- electromagnetismo.....89
- emergencia climática.....233
- emoción.....217
- energía.....105
- enseñanza a distancia.....249
- enseñanza de la geología.....225
- enseñanza de la química.....81, 155
- enseñanza de las ciencias.....29
- enseñanza formal.....225
- enseñanza.....131
- entorno virtual de aprendizaje.....249
- equilibrio en cuerpos flotantes.....145
- estructura compuestos orgánicos.....269
- estructura conceptual de la química.....171
- estructuras de Lewis.....113
- evaluación continua.....249
- evaluación.....137
- experimentación.....217
- fake news.....207
- fármacos.....269
- física y química.....281
- flotabilidad.....145
- flotabilidad.....29
- gamificación.....189, 291, 297
- genially.....297
- grado en medicina.....275
- grupos cooperativos.....181
- guía.....241
- gusanos de seda.....163
- gusanos rey.....139
- hábitos saludables.....39
- herramientas pedagógicas.....63
- historia de la ciencia.....155, 171
- historia de la tierra.....225
- imageJ.....291
- implementación.....21
- indagación.....259, 305
- innovación docente.....55
- introducción a la química.....113
- investigación en didáctica de la química.....113
- juego.....95
- juegos STEM.....291

laboratorio de física.....	313	pajita biodegradable.....	71	STEAM.....	189
líquenes.....	137	parque.....	39	STEM.....	305, 313
matemáticas.....	89	pesticidas.....	39	tabla periódica.....	171
material háptico.....	225	plataformas digitales.....	249	teléfono inteligente.....	313
materiales interactivos.....	249	powder cell.....	291	teoría de la carga cognitiva.....	113
medio natural del centro educativo.....	181	prácticas de laboratorio.....	297	tercera ley de Newton.....	145
mercury.....	291	presión hidrostática.....	145	TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación).....	281, 313
método científico.....	105	principio de Arquímedes.....	145	trabajo en equipo.....	55
metodología innovadora.....	123	principios física.....	71	trabajo experimental.....	81
metodologías activas.....	217	progresión del aprendizaje.....	45	trabajo fin de grado.....	21
métodos experimentales.....	269	propiedades generales de la materia.....	29	trabajo fin de máster.....	21
modelos representacionales.....	45	pruebas externas.....	81	trabajos prácticos.....	305
montaje.....	71	química inorgánica.....	113	tracker.....	259
motivación.....	63, 71, 95, 281	química.....	291	transecto.....	137
movimiento vibratorio armónico simple.....	259	reacción química.....	105	tripleto de la química.....	45
música.....	89	recursos didácticos.....	81	tutoría.....	55
naturaleza de la ciencia.....	155	redes sociales.....	207	universidad.....	11
niveles de descripción.....	45	reloj geobiológico.....	225	variabilidad biológica humana.....	197
obesidad.....	123, 197	rol activo del alumnado.....	181	vegetación.....	137
obesofobia.....	197	ruta guiada.....	181	vídeo.....	159
		secundaria.....	207	webquest.....	275

Keywords

- 1st ESO biology and geology.....189
- active learning
methodologies.....217
- active learning.....249, 313
- analysis.....259
- Archimedean principle.....145
- arduino.....305
- assessment.....137
- attention to diversity.....225
- balance diet.....39
- biochemistry.....11, 275
- biodegradable straw.....71
- biology and geology.....181
- botany.....241
- buoyancy.....29, 145
- chemical education research.....113
- chemical reaction.....105
- chemistry education.....81
- chemistry teaching.....155
- chemistry.....291
- chemtube3D.....291
- cinema and television.....281
- climate change.....233
- climate emergency.....233
- cognitive load theory.....113
- collaboration.....95
- college.....11
- competition in nutrition.....123
- conceptual structure of
chemistry.....45
- continuous assesment.....249
- cooperative groups.....181
- cooperative interuniversity
learning.....21
- cooperative learning.....189
- creation of scientific
vocations.....11
- creativity.....131
- curriculum.....233
- degree in medicine.....275
- device.....71
- dichotomous key.....241
- didactic resources.....81
- diffusion.....55
- digital platforms.....249
- early childhood education.....29
- earth history.....225
- education.....95, 131, 233
- educational tools.....63
- electromagnetism.....89
- emotion.....217
- end of degree project.....21
- energy.....105
- equilibrium in floating bodies.....145
- examination.....259
- experimental methods.....269
- experimental work.....81
- experimentation.....217
- external tests.....81
- fake news.....207
- final master's project.....21
- formal education.....225
- game.....95
- gamification.....189, 291, 297
- gamified learning.....291
- general properties of matter.....29
- genetic control.....163
- genially.....297
- geobiological clock.....225
- geology teaching.....225
- guided route.....181
- handbook.....241
- haptic material.....225
- health promotion.....197
- healthy habits.....39
- high school.....207
- higher secondary education.....155
- history of science.....155, 171
- human biological variability.....197
- hydrostatic pressure.....145
- IBSE.....259, 305
- ICT (Information and Communication
Technologies).....281
- imageJ.....291
- implementation.....21
- innovative methodology.....123
- inorganic chemistry.....113
- inquiry.....305
- interactive materials.....249
- interactive science.....291
- introductory chemistry.....113
- king worms.....39
- laboratory coursework.....297
- laboratory work.....305
- learning progression.....45
- learning-service.....241
- learning.....63, 95
- levels of description.....45
- Lewis structures.....113
- lichens.....137
- maths.....89
- mentoring.....55
- mercury.....291
- methodology update.....63
- motivation.....63, 71, 95, 281
- music.....89
- nature of science.....155
- Newton's third law.....145
- nutrition.....123

obesity.....	123, 197	
obesogenic environments.....	197	
obesophobia.....	197	
on-line teaching.....	249	
park.....	241	
PBL.....	241	
periodic table.....	171	
pesticides.....	39	
pharmaceuticals.....	269	
physical and chemistry.....	281	
physics laboratory.....	313	
physics principles.....	71	
plant ecology.....	137	
powder cell.....	291	
primary education.....	89, 105	
primary school.....	217	
project-based learning.....	181	
representational models.....	45	
school debate.....	207	
school environment.....	181	
science teaching.....	29	
sciences.....	281	
scientific congress.....	55	
scientific dissemination.....	217	
scientific method.....	105	
scientific skills.....	29	
secondary education.....	11, 89, 105, 313	
silkworms.....	163	
simple vibratory harmonic motion.....	259	
smartphone.....	313	
social networks.....	207	
STEAM education.....	171	
STEAM.....	189	
STEM games.....	291	
STEM.....	305, 313	
structure determination.....	269	
structure of organic compounds.....	207	
student active role.....	181	
student-centered learning.....	113	
teacher update.....	11	
teacher.....	131	
teaching innovation.....	55	
teaching.....	131	
team work.....	55	
TIC.....	313	
tracker.....	259	
transect.....	137	
trees.....	241	
triplet of chemistry.....	45	
vegetation.....	137	
video.....	259	
virtual learning environment.....	249	
webquest.....	275	

Editan: Colegio Oficial de Docentes. Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de la Comunidad de Madrid.
Grupo SM.

Diseño y maquetación: OGR Comunicación.

ISBN: 978-84-09-36664-4

DOI: 10.5281/zenodo.4722939

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.

Colaboran:



Universidad
Complutense
Madrid



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

