



ACTAS DEL III CONGRESO DE DOCENTES  
DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA

# Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato



# JORNADAS SOBRE INVESTIGACIÓN Y DIDÁCTICA EN ESO Y BACHILLERATO

## III Congreso de Docentes de Ciencias

Experiencias docentes y estrategias  
de innovación educativa para la enseñanza  
de la Biología, la Geología, la Física y la Química

Marisa González Montero de Espinosa  
Alfredo Baratas Díaz  
Antonio Brandi Fernández  
(Editores)



## PRESENTACIÓN DEL DECANO DEL COLEGIO DE DOCTORES Y LICENCIADOS

Irina Bokova, directora general de la UNESCO, declaraba en la presentación de la Biblioteca Mundial de Ciencia (WLoS en sus siglas en inglés), en el marco de la Jornada Mundial de la Ciencia al Servicio de la Paz, que «el mundo necesita más ciencia y científicos para afrontar los desafíos actuales», pidiendo, al tiempo, «una educación científica más apropiada y accesible».

El lema de la Universidad de Otoño, organizada por el Colegio Oficial de la Educación de Madrid para mejorar la formación del profesorado, en su XXXIV edición, giraba en torno a «La Educación, garantía de futuro». Coinciden estas consideraciones con la línea primordial de trabajo de los organizadores del III Congreso de Docentes de Ciencias, resaltando la importancia del maestro, del profesor de ciencias, en el sistema educativo actual.

Necesitamos reivindicar la misión y el papel insustituible del profesional de la enseñanza en una sociedad que ha cambiado radicalmente en las últimas décadas y que, presumiblemente, lo hará más aun en las siguientes. Las formas de comunicación y de trabajo, los recursos tecnológicos y los adelantos científicos conducen a una nueva cosmovisión que influye de manera decisiva en la enseñanza.

Los profesores de ciencias necesitan ámbitos de referencia e intercambio de experiencias como los que facilita este III Congreso de Docentes de Ciencias, cuyas Actas se publican en este volumen, recogiendo el largo centenar de comunicaciones presentadas (134), algunas de ellas de profesionales que ejercen en países muy lejanos.

Debemos felicitar a las instituciones organizadoras y, sobre todo, a los profesores participantes por su esfuerzo diario en el aula para despertar vocaciones científicas entre sus alumnos, en una coyuntura en la que los recortes a la investigación caminan en nuestro país en sentido contrario. La calidad e interés de las experiencias presentadas demuestran, una vez más, la importancia del esfuerzo de los docentes para divulgar la ciencia y conseguir una cultura científica general que nos ayude a comprender mejor el mundo en el que vivimos, nuestro lugar en él, los cuidados que debemos prodigarle... Y para superar la indiferencia hacia el universo y el mundo que nos rodea y protegerlo como el objeto precioso que es.

«A pesar de lo pequeños e insignificantes que podríamos ser, somos capaces de alcanzar un completo entendimiento del Universo» (Stephen Hawking).

Sin duda, la enseñanza de las ciencias a las nuevas generaciones es el mejor camino.

Roberto Salmerón Sanz

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



## INTRODUCCIÓN

Cuentan, una de esas anécdotas nunca se sabe muy bien si apócrifas o no, que cuando un nuevo responsable ministerial de la década de 1920 se entrevistó con José Castillejo Duarte (1877-1945), el secretario de la Junta para Ampliación de Estudios y en buena medida responsable del florecer científico e intelectual del primer tercio del siglo XX, le planteó la posibilidad de un ambicioso proyecto de reforma educativa, que culminaría con la sempiterna cantilena de una renovación legislativa; Castillejo, plenamente imbuido del ideal de la Institución Libre de Enseñanza, se mostró reticente. Finalmente le dijo al político que no creía en su programa, que para el ministro la escuela era un edificio con un maestro y alumnos dentro, y para él la escuela debía ser un maestro, y sus alumnos, rodeados de un edificio.

En estos tiempos duros, ese planteamiento sigue vigente. El núcleo de la escuela, del instituto y de la facultad sigue siendo un profesor rodeado de estudiantes. Esos son los cimientos y la columna vertebral del proceso educativo. Lo demás, la infraestructura, la normativa, etc., es importante pero no medular.

Esta afirmación, no exonera a los poderes públicos de su obligación de dotar dignamente las instalaciones, establecer presupuestos adecuados y desarrollar normativas sensatas y posibles. Entre tanto que cumplen estas tareas, no estaría de más que nos valoraran –y pagaran– mejor y que dotasen las plantillas de nuevos profesores para mejorar –de verdad, no sobre el papel– la calidad docente.

Esta digresión viene a cuento de la convicción que los organizadores del III Congreso de Docentes hemos desarrollado tras las ediciones celebradas de nuestro encuentro. A lo largo de los últimos años hemos establecido un punto de comunicación entre diversos colectivos de la educación de nuestro país, e incluso con colegas de otros países, que nos demuestra el entusiasmo y el buen hacer de nuestros colegas. En las diversas ediciones del Congreso de Docentes, profesores de Primaria, de Secundaria y de Universidad han presentado sus experiencias, enfatizando los aspectos prácticos y reales de la enseñanza de sus respectivas disciplinas, analizando las fortalezas y mostrando las limitaciones de sus tareas; han proporcionado unas positivas aportaciones que completan las páginas de este volumen, y de los dos anteriores. Realmente, no es una sorpresa. ¡Ya lo sabíamos! Pero la experiencia nos ratifica en nuestro conocimiento: la enseñanza en España rebosa de magníficos «maestros», personas con la capacidad y la vocación necesarias para mantener en pie este edificio, a pesar de todas las dificultades.

Pero no por sabido, debemos no decirlo. Al contrario, debemos reivindicar nuestro papel central en el sistema educativo y exigir a los otros agentes un cumplimiento de sus obligaciones equiparable al nuestro. Solo así podremos hacer frente a las necesidades del país y mirar el futuro con esperanza, ilusión y confianza.

La misma ilusión en su tarea que demuestran los ponentes, la han mantenido las instituciones que han apoyado este evento: el Colegio de Ciencias del Colegio Profesional de la Educación, la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense, el grupo de investigación EPINUT y la Editorial Santillana han sido las promotoras principales de esta tercera edición de Congreso de Docentes; a ellas

se han sumado otras muchas: los colegios profesionales de Biólogos (Madrid), Geólogos y Físicos, las Reales Sociedades de Historia Natural, Física y Química, el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, la Universidad San Pablo y la revista electrónica Educación 3.0.

A todos ellos, ponentes e instituciones, queremos mostrar públicamente nuestro agradecimiento por hacer posible este congreso y permitimos contar con ellos para futuras ediciones.

El Comité Organizador,

Marisa González Montero de Espinosa

Alfredo Baratas Díaz

Antonio Brandi Fernández

### **ORGANIZAN:**

Colegio Profesional de la Educación de la Comunidad de Madrid (CDL).

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

Editorial Santillana.

Grupo de Investigación «Epinut» de la UCM.

### **COLABORAN:**

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

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG).

Real Sociedad Española de Historia Natural (RSEHN).

Colegio Oficial de Físicos (COFIS).

Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MUNCYT).

Real Sociedad Española de Física (RSEF).

Real Sociedad Española de Química (RSEQ).

Universidad San Pablo CEU.

Organismo Autónomo Parques Nacionales. CENEAM.

Revista Educación 3.0.

### **COMITÉ CIENTÍFICO:**

Pilar Calvo de Pablo (Real Sociedad Española de Historia Natural).

Ángel Ezquerro Martínez (RSEF. Facultad de Educación de la Univ. Complutense de Madrid).

Ángel Herráez Sánchez (Univ. de Alcalá).

M.<sup>a</sup> Dolores Marrodán Serrano (Facultad de Biología de la Univ. Complutense de Madrid).

Ignacio Meléndez Hevia (Profesor de Secundaria, Dep. de Biología y Geología).

Gabriel Pinto Cañón (RSEQ. ETS de Ingenieros Industriales, Univ. Politécnica de Madrid).

Antonio Rubio Requena (Profesor de Secundaria, Dep. de Biología y Geología).

### **COMITÉ ORGANIZADOR:**

#### **Marisa González Montero de Espinosa**

Coordinadora del Seminario de Biología, Geología, Física y Química del Colegio Profesional de la Educación.

Grupo de Investigación de UCM «Valoración de la condición nutricional en las poblaciones humanas»

([www.ucm.es/info/epinut](http://www.ucm.es/info/epinut)).

#### **Alfredo Baratas Díaz**

Profesor titular de Historia de la Ciencia, Facultad de Ciencias Biológicas, UCM.

#### **Antonio Brandi Fernández**

Editorial Santillana.

#### **Noemí López-Ejeda**

Directora de difusión y medios sociales.





# ÍNDICE

<b>Presentación del Decano del Colegio de Doctores y Licenciados . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>Introducción . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>La ciencia en el aula: materiales y experiencias . . . . .</b>	<b>13</b>
<i>Integración de un proyecto de innovación en la programación didáctica de Física en un centro de Secundaria</i>	
Marisa Amieva Rodríguez, Daniel Santos Rodríguez, Marta García Rodríguez . . . . .	15
<i>La concepción de la nutrición vegetal en los futuros profesores de Secundaria</i>	
Irene Angosto Sánchez, Juan Gabriel Morcillo Ortega . . . . .	25
<i>Propuesta multidisciplinar y cooperativa: «Energías renovables en Secundaria»</i>	
Nelson Arias Ávila, Verónica Tricio Gómez . . . . .	35
<i>Investigación sobre algunas concepciones que el profesorado en activo y en formación mantiene en relación con la evolución biológica</i>	
Óscar Barberá Marco, Cristina Sendra Mocholí, José María Sanchis Borrás . . . . .	43
<i>Los Premios Nobel y la cristalografía. Propuesta didáctica en el aula</i>	
M. Araceli Calvo Pascual, Manuela Martín Sánchez . . . . .	55
<i>Científicos artífices de los modelos atómicos clásicos y precuánticos. Desarrollo de la competencia lingüística aprendiendo Física y Química</i>	
M. Araceli Calvo Pascual, Alicia García Murillo . . . . .	67
<i>Propuesta didáctica para la introducción del mol en la ESO</i>	
Alicia Coballes Redondo, María R. Clemente Gallardo . . . . .	79
<i>Chemie im Kontext: Una metodología de contextualización de contenidos en la enseñanza de la Química</i>	
David-Samuel Di Fuccia, Ignacio Sánchez Díaz . . . . .	89
<i>Materiales didácticos en Geología: experiencia educativa en las aulas de Secundaria</i>	
Margarita Escribano Ródenas . . . . .	99
<i>Pensamiento lateral y creatividad en las disciplinas de ciencias</i>	
Paloma Fernández Sánchez . . . . .	109
<i>La huella del CO<sub>2</sub>: ¿Qué podemos hacer para reducirla?</i>	
Andrés García Ruiz, María Dolores Castro Guío . . . . .	117
<i>Influencia de la metodología cooperativa en la adquisición de conocimientos sobre los seres vivos en 1.º de ESO</i>	
María Margarita González del Hierro . . . . .	123

<i>Los cómics y las Tecnologías de la Información y la Comunicación como herramientas metodológicas aplicadas a la docencia de personas adultas</i>	
David González Jara, Miguel Manso . . . . .	133
<i>Experiencia didáctica del Proyecto A<sup>3</sup> para escolares: Actividad física, Alimentación y Antropometría.</i>	
Noemí López-Ejeda, Ángel Herráez, Marisa González Montero de Espinosa, M. <sup>a</sup> Dolores Marrodán . . . . .	143
<i>Año Internacional de la Cristalografía (2014):. Una oportunidad para introducir este área del conocimiento en las clases de ciencias</i>	
Manuela Martín, M. <sup>a</sup> Teresa Martín, Gabriel Pinto, José María Hernández. . . . .	151
<i>La cronobiología: Una herramienta para entender las ciencias</i>	
María Josefa Martínez Madrid, Isabel María Martínez Madrid. . . . .	165
<i>Evaluaciones educativas externas internacionales en el ámbito científico</i>	
Angélica Martínez Zarzuelo . . . . .	173
<i>Modelo tridimensional recortable de un orógeno térmico</i>	
Ignacio Meléndez Hevia, Antonio Brandi Fernández . . . . .	185
<i>Nuevas estrategias en la enseñanza de la mitosis</i>	
José Manuel Pérez Martín, Mónica Aquilino Amez. . . . .	199
<i>Análisis de la información comercial de productos para el aprendizaje de física y química por indagación</i>	
Gabriel Pinto Cañón, José María Hernández Hernández, Manuela Martín Sánchez, María Teresa Martín Sánchez . . . . .	211
<i>«Del Darién al IES. Rosa Chacel». La exposición como recurso didáctico</i>	
David Rosa Novalbos . . . . .	221
<i>Ecuaciones químicas y líneas rectas</i>	
Mercedes Ruiz Pastrana, Rafael Muñoz Anabitarte. . . . .	229
<i>Modelo de enseñanza de las ciencias en el marco de la experiencia «Pequeños Científicos»</i>	
Eugenio Tamayo Óscar, Francisco Javier Ruiz Ortega . . . . .	233
<i>Concepciones de ciencia de los docentes en el contexto del programa «Pequeños Científicos»</i>	
Óscar Eugenio Tamayo, Francisco Javier Ruiz Ortega . . . . .	243
<b>Ciencias 2.0. Aplicaciones docentes de las TIC . . . . .</b>	<b>251</b>
<i>Una combinación Visu-TIC para la enseñanza de la mineralogía en el Máster de Secundaria, especialidad Biología y Geología</i>	
Jaime Delgado Iglesias, Alejandro Del Valle González . . . . .	253
<i>Flipboard. Creación de una Revista de Divulgación Científica y Coasociativa en el Aula</i>	
José Luis Díaz León . . . . .	263
<i>Las QRélulas: Maquetas de células, Web2.0 y Códigos QR</i>	
Rafael Miguel Maroto Gamero. . . . .	271

<i>Experiencia innovadora para el estudio de las fuentes de energía</i>	
Sandra Laso Salvador, Mercedes Ruiz Pastrana . . . . .	277
<i>Diseño de actividad es para la enseñanza de la Biología basadas en la utilización de la realidad aumentada</i>	
Marta López García, Inés Torres Payá . . . . .	283
<i>El aula virtual de Biología, una aplicación didáctica en el IES Maestro Matías Bravo (Valdemoro, Madrid)</i>	
Sofía Martín Nieto, Carlos J. Martín Blanco . . . . .	293
<i>Cómo crear un trabajo escrito escolar de Ciencias Naturales con realidad aumentada y códigos QR</i>	
José Luis Olmo Rísquez. . . . .	303
<i>Utilización de diferentes recursos disponibles en la Web como apoyo de la enseñanza de la Química</i>	
Noelia Rosales Conrado, Luis Vicente Pérez Arribas, María Eugenia de León González. . .	309
<b>La ciencia más allá de la teoría . . . . .</b>	<b>317</b>
<i>Interpretación plástica del paisaje a partir de la audición de obras musicales</i>	
Pilar Calvo, Lorenzo Carmona, Laura Cuervo, Carlos Rodríguez. . . . .	319
<i>Realización de actividades creativas en el aula para cambiar la actitud del alumnado hacia la ciencia</i>	
Belén Fernández-Sánchez, Ángel Ezquerro Martínez. . . . .	325
<i>Un paseo por el lado más natural de las TAC</i>	
Ruth Hernández Paredes, J. Lourdes Taracido. . . . .	333
<i>Ciencia ciudadana en la educación: Creando nuevos científicos</i>	
Eduardo Lostal Lanza . . . . .	341
<i>Organización del Día de la Ciencia como recurso didáctico para alumnos de los Grados de Maestro en el CES Don Bosco</i>	
Beatriz Martín Castro, M <sup>a</sup> Teresa Solís González, Irene Suárez Lacalle, Oscar Vázquez Mínguez . . . . .	347
<i>Estudio del Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su entorno. Proyecto de colaboración y aprovechamiento didáctico</i>	
M <sup>a</sup> Carmen Merino, Rosario Morán, M <sup>a</sup> Carmen Perdices, M <sup>a</sup> José Ruiz . . . . .	355
<i>Microquímica verde aplicada a las actividades prácticas escolares de reconocimiento de los principios inmediatos en los alimentos</i>	
José Luis Olmo Rísquez. . . . .	361
<i>Estudio de la contaminación acústica en el centro escolar</i>	
Alexandra Prada Alonso . . . . .	367
<i>Estrategia de formación. Evaluación de dos tipos operativos de ecosistemas del milenio</i>	
M <sup>a</sup> José Ruiz Alonso, M <sup>a</sup> Carmen Perdices Madrid . . . . .	375

**Otros grados de enseñanza . . . . . 383**

*Oligochaeta on line: Un puente entre la investigación y la docencia*

Ana García Moreno, José María Hernández de Miguel, Elena Moreno-Eiris,  
José María Hernández de Miguel, Javier Camilo Barriga Bernal, Benito Muñoz Araujo,  
Pablo Refoyo Román, Eduardo Ruiz Piña . . . . . 385

*Derribando barreras en el aprendizaje: La integración de la Biología en los estudios de Enfermería*

Raquel R. Gragera Martínez, Ángel L. Asenjo Esteve, Francisca Casas Martínez,  
Cristina Francisco del Rey, Crispín Gigante Pérez, Jorge L. Gómez González,  
L. Mauricio Hernández Fernández, José M.<sup>a</sup> Lozano Maneiro. . . . . 391

*La elaboración de un documental para la integración de la Biología en los estudios de Enfermería*

Raquel R. Gragera Martínez, Ángel L. Asenjo Esteve, Francisca Casas Martínez,  
Cristina Francisco del Rey, Crispín Gigante Pérez, Jorge L. Gómez González,  
L. Mauricio Hernández Fernández, José M.<sup>a</sup> Lozano Maneiro. . . . . 401

*El «Laboratorio de Biomatemática» en la docencia de la Matemática Aplicada a la Biología*

Rafael Lahoz-Beltrá, Mariángeles Gómez Flechoso . . . . . 411

*A peruvian undergraduate teaching experience in chemical thermodynamics and alternative sources of energy: aeolipiles and some experimental designs involving them*

Christian R. Samanamú, Ph.D. . . . . 419

**Conferencia de clausura . . . . . 429**

*Programa educativo «CENEAM con la escuela»*

Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM),  
perteneciente al Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN) . . . . . 431

# **LA CIENCIA EN EL AULA: MATERIALES Y EXPERIENCIAS**

---



# INTEGRACIÓN DE UN PROYECTO DE INNOVACIÓN EN LA PROGRAMACIÓN DIDÁCTICA DE FÍSICA EN UN CENTRO DE SECUNDARIA

Marisa Amieva Rodríguez, Daniel Santos Rodríguez, Marta García Rodríguez

*IES Valle de Aller, Departamento de Física. Departamento de Ciencias de la Educación. Universidad de Oviedo,  
Campus de Llamaquique, c/ Aniceto Sela s/n. - 33005 Oviedo  
marisamieva@gmail.com; jdsantos@uniovi.es; martagar@uniovi.es*

**Palabras clave:** Didáctica de las ciencias, innovación educativa, diseño experimental.

**Key words:** Science teaching, educational innovation, experimental design.

## Resumen

En el marco de un proyecto de innovación educativa, hemos implementado en un centro de Secundaria una propuesta didáctica de enseñanza de la Física basada en experiencias prácticas.

Los objetivos principales de la propuesta son: contribuir tanto a la motivación de los alumnos como a la consecución de los objetivos de la materia y a la adquisición de las competencias básicas en el conocimiento y la interacción con el mundo físico; aprender a aprender; autonomía e iniciativa personal; así como la necesaria competencia digital y en el tratamiento de la información que precisa la elaboración de los informes de prácticas.

Este trabajo de aula-laboratorio se complementa con un análisis de resultados de aprendizaje a partir de los instrumentos específicos utilizados para la evaluación del desarrollo procedimental de las tareas y las actitudes de los alumnos durante las experiencias.

## Abstract

In the context of an educational innovation project, we have implemented in a secondary school a didactic physics teaching proposal, based on practical experiences.

The main objectives of the proposal are to contribute in the student's motivation, as well as the accomplishment of the class goals and the obtainment of the basic knowledge skills including the interaction with the physical world, learning to learn, autonomy and personal leadership, as well as the needful digital skills and the required information management for the laboratory reports.

This classroom-laboratory work is complemented with the obtained learning result's analysis beginning with the specific tools used during the evaluation of the tasks' procedural development and the student's predisposition during the experiences.



## INTRODUCCIÓN

En el mundo que vivimos hoy en día, nadie duda de la importancia de la enseñanza de la Física, no solo en los estudios superiores de Ciencias y Tecnología, sino en Bachillerato y en la propia Educación Secundaria Obligatoria. Por otra parte, esta materia suele ofrecer un porcentaje de aprobados y una calificación media en Segundo de Bachillerato y en las PAU inferior a la de otras materias optativas. No puede extrañar entonces que cada vez sea menor el número de alumnos que cursan esta materia en Segundo de Bachillerato, y, como cabe esperar, aquellos alumnos que han huido de la Física en Bachillerato protagonizan el fracaso en la asignatura durante el primer curso de las diferentes titulaciones universitarias en que se imparte.

El proyecto «Puente de Física» se ajusta a la línea prioritaria contemplada en las acciones que se desarrollan según el convenio de colaboración entre la Universidad de Oviedo y la Consejería de Educación del Principado de Asturias para la realización de actividades de innovación educativa dirigidas a las materias que tienen mayores tasas de fracaso en los primeros cursos universitarios.

En la *Tabla 1* figuran los objetivos fijados en el diseño inicial del proyecto «Puente de Física». El estudio de diferentes factores ha permitido al grupo de investigación (SANTOS ET AL., 2013)<sup>1</sup> que trabaja en este proyecto realizar propuestas de mejora para los procesos de enseñanza-aprendizaje en Secundaria que faciliten la adaptación de los alumnos a los estudios que vayan a cursar en la Universidad de Oviedo.

DISEÑO DEL PROYECTO «PUENTE DE FÍSICA»	
<b>OBJETIVOS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Consolidación de un grupo de trabajo multidisciplinar, que pueda tener continuidad en el futuro.</li> <li>2. Estudio de los diferentes factores asociados al rendimiento en materia de Física de los estudiantes de Secundaria en su transición a la Universidad.</li> <li>3. Mejora de resultados en una de las materias que tradicionalmente ofrece mayores dificultades a los alumnos asturianos.</li> <li>4. Estudiar las diferentes estrategias metodológicas propias de la Didáctica de Ciencias Experimentales con que se aborda la materia de Física tanto en los niveles de Secundaria como universitarios, en colaboración con profesores de ambos niveles educativos.</li> <li>5. Realizar propuestas de mejora para los procesos de enseñanza-aprendizaje en Secundaria que faciliten la adaptación de los alumnos a los estudios que vayan a cursar en la Universidad de Oviedo.</li> <li>6. Analizar la influencia de la presencia del trabajo experimental en la programación de aula a lo largo de toda la etapa de Secundaria, con la mejora del conocimiento de los contenidos disciplinares y la consecución de los objetivos propios de la materia.</li> </ol>

*Tabla 1.* Objetivos fijados en el diseño del proyecto de innovación educativa «Puente de Física».

En el marco de este proyecto, hemos implementado en un centro de Secundaria una propuesta didáctica de enseñanza de la Física centrada en el objetivo 6, basada en la realización de experiencias de laboratorio.

<sup>1</sup> SANTOS, J. D., SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, M. L. y GARCÍA RODRÍGUEZ, M. (2013). Análisis del fracaso en el tránsito a la Universidad en la asignatura de física. *Revista de Orientación Educativa*, 51, 107-119.

## OBJETIVOS DE LA PROPUESTA DE INNOVACIÓN DIDÁCTICA Y COMPETENCIAS BÁSICAS

La integración del proyecto de innovación en la programación docente del Departamento de Física y Química del IES Valle de Aller<sup>2</sup> pretende contribuir tanto a la consecución de los objetivos de la materia, como a la adquisición de las competencias básicas por parte de los estudiantes de este centro.

Los objetivos que se persiguen con la implementación de esta propuesta de innovación didáctica son fundamentalmente tres:

1. La motivación de los estudiantes para el estudio de la Física.
2. La mejora del conocimiento de los contenidos disciplinares.
3. La consecución de los objetivos propios de cada Unidad Didáctica, establecidos en la programación docente para el desarrollo de cada uno de los bloques de contenidos curriculares.
4. Validar los instrumentos de evaluación de aprendizajes utilizados.

El proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física mediante la metodología propuesta consideramos que contribuye especialmente a la adquisición del conocimiento y la interacción con el mundo físico, a la competencia en aprender a aprender y a la autonomía e iniciativa personal a través del trabajo práctico del laboratorio. Por otra parte, los estudiantes precisan adquirir, para conseguir evaluación positiva en los informes de laboratorio, la necesaria competencia digital y en el tratamiento de la información para realizarlos.

En la *Tabla 2* hemos vinculado la contribución de la metodología propia de esta propuesta didáctica a cada una de las 8 competencias básicas que contempla el currículo que establece la LOE<sup>3</sup> para la Educación Secundaria en nuestro país.

Competencias básicas	Contribución de la metodología
1. Competencia en comunicación lingüística.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redacción del informe.</li> <li>• Exposición oral del trabajo final.</li> </ul>
2. Competencia matemática.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma y organización de datos.</li> <li>• Cálculos precisos. Obtención de resultados.</li> </ul>
3. Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo manipulativo en el laboratorio.</li> <li>• Establecimiento de relaciones con sus experiencias en la vida cotidiana.</li> </ul>
4. Tratamiento de la información y competencia digital.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de informe individual de laboratorio. (Búsqueda de información y presentación del trabajo en formato digital.)</li> </ul>
5. Competencia social y ciudadana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquisición de roles en el trabajo cooperativo.</li> </ul>

*Tabla 2.* Contribución de la metodología a la adquisición de las 8 competencias básicas.

<sup>2</sup> El IES Valle de Aller se encuentra situado en el Concejo de Aller, Asturias, a unos 30 kilómetros de la capital del Principado. Más información en <https://sites.google.com/site/iesmoredadealler/>

<sup>3</sup> LEY ORGÁNICA 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

Competencias básicas	Contribución de la metodología
6. Competencia cultural y artística.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contribución de las leyes fundamentales de la física al arte y a la cultura. (Sesiones previas.)</li> <li>La física y las grandes revoluciones científicas. (Sesiones previas.)</li> </ul>
7. Competencia para aprender a aprender.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión teórica de contenidos.</li> <li>Elaboración del informe individual de laboratorio. (Redacción de conclusiones.)</li> </ul>
8. Cutoonomía e iniciativa personal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propuestas previas a la elaboración cooperativa del guion de trabajo para la experiencia. (No existe receta del profesor.)</li> <li>Autoevaluación del trabajo en la experiencia. (Reflexión sobre las propias actitudes y procedimientos.)</li> </ul>

Tabla 2. Contribución de la metodología a la adquisición de las 8 competencias básicas (continuación).

## JUSTIFICACIÓN Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE INNOVACIÓN

Esta propuesta didáctica se ha llevado a cabo en una primera fase durante el curso 2013-14 en los grupos de 4.º de ESO y de 2.º de Bachillerato del IES Valle de Aller. La incorporación del proyecto de innovación a la programación didáctica contempla en próximos cursos su implementación en las Unidades Didácticas de Física de 2.º y 3.º de ESO y 1.º de Bachillerato.

En la *Tabla 3* figuran las experiencias prácticas que aparecen en la programación docente del centro vinculadas a cada uno de los bloques de contenidos curriculares.

4.º ESO	2.º BACHILLERATO
1. Estudio experimental del movimiento rectilíneo y uniforme.	1. Estudio dinámico de un resorte. Factores de los que depende el período de un resorte.
2. Comprobación experimental de la ley de Hooke. Calibrado de un dinamómetro.	2. Estudio de un péndulo simple. Factores de los que depende el período de un péndulo simple. Determinación de la gravedad local.
3. Aplicación de la presión hidrostática a la determinación de la densidad de un fluido	3. Determinación de la velocidad del sonido en el aire.
4. Peso aparente de los cuerpos sumergidos. Aplicación del principio de Arquímedes para determinar la densidad de sólidos y líquidos.	4. Experiencias electromagnéticas: Experiencia de Oersted. Experiencias de Faraday.
5. Determinación del calor específico de un metal.	5. Fenómenos ópticos: espejos planos y esféricos. Lentes bicóncavas y biconvexas. Determinación del índice de refracción de un vidrio.
6. Experiencias sencillas de óptica.	

Tabla 3. Experiencias prácticas incluidas en programación didáctica de Física en el IES Valle de Aller.

## JUSTIFICACIÓN

No pretendemos presentar en este trabajo como una innovación didáctica la inclusión de experiencias prácticas en la enseñanza de la Física. Desde hace décadas se vienen publicando trabajos<sup>4</sup> sobre las bondades didácticas del trabajo experimental como forma de aproximación de los alumnos al método científico, y esta realidad es asumida por la amplia mayoría de los docentes de ciencias de forma generalizada.

Tampoco queremos extendernos justificando aquí por qué estas y no otras son las experiencias seleccionadas;<sup>5</sup> de hecho, las elegidas son las prácticas de laboratorio que tradicionalmente se vienen realizando en los centros educativos cuando se dispone de los recursos humanos y materiales necesarios, incluso en ocasiones sin esa disposición,<sup>6</sup> contando con el buen hacer y la buena voluntad de los docentes.

La adquisición de técnicas de laboratorio tiene poco valor en sí misma; consideramos que estas destrezas son un medio para alcanzar un fin. No se trata de que mediante el trabajo práctico los alumnos adquieran ciertas técnicas de laboratorio, sino de que estas habilidades particulares son necesarias si queremos que los estudiantes participen con éxito en el logro de los objetivos de aprendizaje.

Pretendemos dar desde aquí un argumento a favor de las programaciones docentes basadas en las experiencias de laboratorio frente a las clases expositivas, también necesarias pero que tienen demasiado peso en las metodologías de los docentes de ciencias, angustiados por el cumplimiento de la temporalidad que establecen en sus programas con excesiva carga conceptual y críticos con la «pérdida de tiempo» que supone hacer prácticas. Que los docentes de ciencias asuman las excelencias didácticas de las experiencias de laboratorio no es contradictorio con que prioricen las clases magistrales cuando los tiempos son ajustados.

La aportación de este trabajo a la innovación en la didáctica de la Física consiste en dejar testimonio de la experiencia positiva que ha supuesto la aplicación de plantillas o rúbricas como instrumentos de evaluación de los aprendizajes que pretendemos conseguir con nuestros estudiantes a través de la realización de estas tareas y que, en último caso, nos remiten de nuevo a la *Tabla 2*, donde se recogía la contribución de la metodología experimental en el aula-laboratorio de Física a la adquisición de las 8 competencias básicas. Consideramos que es importante darle la relevancia que merecen las tareas asociadas al trabajo experimental de los alumnos en Física y el peso que le corresponde a la evaluación de aprendizajes así adquiridos, estableciendo unos instrumentos válidos para este proceso.

## DESARROLLO

En la *Tabla 4* aparecen esquematizadas las fases que hemos considerado en el desarrollo de esta propuesta didáctica para cada una de las experiencias prácticas, presentadas en la *Tabla 3*, incluidas en la programación didáctica de Física del IES Valle de Aller.

---

<sup>4</sup> HODSON, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70, 33-40.

<sup>5</sup> Las destrezas y conocimientos disciplinares que se pretende que los estudiantes adquieran, con un nivel de competencia satisfactorio, al realizar las experiencias programadas van a resultar útiles para la enseñanza posterior (Objetivos 3, 5 y 6 del proyecto «Puente de Física»). Si la buena realización de un experimento exige una habilidad que no van a volver a necesitar o niveles de competencia que no pueden alcanzar, en estos casos la realización de las experiencias sí puede suponer «una pérdida de tiempo», y proponemos como alternativa el premontaje de la experiencia, la demostración *ex cathedra* del profesor o la simulación con ordenador mediante software de laboratorio virtual.

<sup>6</sup> En Asturias la reducción de profesorado en las plantillas orgánicas de los centros públicos de Enseñanza Secundaria sufrida estos últimos años ha afectado notablemente a los Departamentos de Física y Química, imposibilitando en muchos casos los desdoblés de laboratorio, con los que sí se contaba cursos atrás.

Fases de la experiencia	Descripción	Agente
Fase 1	Tratamiento de los contenidos previos necesarios en el aula	Profesora
Fase 2	Recogida de información. Trabajo de documentación del que se deberá posteriormente seleccionar información para realizar el informe final.	Estudiante
Fase 3	Elaboración del <b>guion de laboratorio</b> .	Trabajo cooperativo <sup>1</sup>
Fase 4	Desarrollo del trabajo experimental en la experiencia práctica	Grupos de trabajo
Fase 5	Evaluación del trabajo experimental	Profesora
Fase 6	Elaboración del informe de laboratorio	Estudiante
Fase 7	Evaluación del informe de laboratorio	Profesora

<sup>1</sup> En el guion de laboratorio se deben fijar los objetivos de la experiencia, los materiales e instrumentos necesarios y los procedimientos y técnicas experimentales de trabajo. Metodología de trabajo cooperativo: en la elaboración del «guion de laboratorio» participan los alumnos con aportaciones a su grupo de trabajo, el grupo de trabajo al grupo-clase, y la profesora actúa como agente experto para fijar los objetivos de la experiencia y en la selección y discusión de propuestas de materiales y procedimientos para la redacción final.

Tabla 4. Fases en el desarrollo de la propuesta didáctica para cada experiencia práctica.

Consideramos que resultaría excesivo mostrar imágenes de los grupos de trabajo realizando todas las experiencias prácticas que referíamos en la *Tabla 3*. Por ello, hemos seleccionado como muestra del desarrollo de la propuesta didáctica la imagen que aparece en la *Figura 1*, donde se puede observar a un grupo de trabajo de alumnas de 2.º de Bachillerato tomando datos para determinar la velocidad del sonido en el aire a partir de la formación de armónicos en un tubo cerrado por un extremo, que de todas las propuestas puede resultar la experiencia más novedosa.



Figura 1. Imagen de alumnas de 2.º de Bachillerato determinando la velocidad del sonido en el aire. Realización propia.

### 3. EVALUACIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

Hemos justificado el carácter innovador de nuestra propuesta en la utilización de instrumentos validados<sup>7</sup> en la fase 5 de su desarrollo. Estos instrumentos, con ligeras modificaciones se han tomado de los autores que se citan en la bibliografía a pie de página y nos han permitido evaluar las actitudes (*Tabla 5*), los procedimientos de trabajo (*Tabla 6*) y el cumplimiento de las normas de seguridad de los estudiantes (*Tabla 7*) durante la realización de la experiencia.

BLOQUE I. ACTITUD				
	MAL (0)	REGULAR (1)	BIEN (2)	EXCELENTE (3)
<b>Puntualidad y preparación</b>	Asiste con retraso.	No está preparado para empezar.	Está parcialmente preparado.	Está preparado para trabajar cuando lo indica el profesor.
<b>Atención</b>	No presta atención.	Se distrae a veces.	Se muestra siempre atento pero no toma notas.	Se muestra siempre atento tomando notas de las explicaciones..
<b>Participación e interés</b>	Sin interés. No responde a las preguntas.	Colabora poco al trabajo de grupo y responde solo algunas veces.	Colabora dentro del grupo. Responde al profesor y realiza preguntas.	Actitud muy participativa. Colaboración activa en el grupo y comunicación fluida con el profesor.

Tabla 5. Rúbrica de evaluación de la actitud del estudiante durante la experiencia práctica.

BLOQUE 2. PROCEDIMIENTOS				
	MAL (0)	REGULAR (1)	BIEN (2)	EXCELENTE (3)
<b>Ritmo de trabajo</b>	No trabaja.	Discontinuo.	Constante.	Constante, aprovechando «tiempos muertos».
<b>Destreza y autonomía</b>	Copia continuamente de los otros.	Manejo básico. Recurre al profesor o a los otros.	Intenta resolver los problemas por sí mismo.	Es capaz de resolver los problemas por sí mismo.
<b>Recopilación de datos, cálculos e interpretación de resultados</b>	Desorden en los datos. No hace cálculos ni interpreta resultados.	Toma de datos e interpretación parcialmente ordenada.	Toma de datos e interpretación ordenada.	Toma de datos muy ordenada e interpretación autónoma..

Tabla 6. Rúbrica de evaluación de los procedimientos del estudiante durante la experiencia práctica.

<sup>7</sup> CADENATO, A. Y MARTÍNEZ M. (2013). Rúbricas para evaluar la competencia específica: aplicar el método científico en laboratorios. ICE-UPC. Barcelona.

TORTAJADA L.A., NOGUERA, P. (2013). Diseño y aplicación de las rúbricas en la evaluación in situ del aprendizaje en el laboratorio. *Revista educativa Hekademos*, 13 (VI). Sevilla.

BLOQUE 3. NORMAS DE SEGURIDAD Y GESTIÓN DE RESIDUOS				
	MAL (0)	REGULAR (1)	BIEN (2)	EXCELENTE (3)
<b>Seguridad en el laboratorio y gestión de residuos.</b>	Desconoce las normas de seguridad. No gestiona los residuos.	Necesita asesoramiento para aplicar las normas. Gestión incorrecta de residuos.	Aplica correctamente los normas de seguridad y gestiona los recursos con ayuda puntual del profesor.	Aplica correctamente los normas de seguridad y gestiona los recursos de forma autónoma.

Tabla 7. Rúbrica de evaluación del cumplimiento de las normas de seguridad.

### RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

Presentamos a continuación, de forma ilustrativa en la *Figura 2*, los resultados de la evaluación del trabajo experimental en las 6 experiencias programadas para 4.º de ESO, considerando el total de alumnos del grupo (28) y la puntuación media del grupo a partir de sus puntuaciones individuales en los tres bloques considerados en las rúbricas de evaluación.

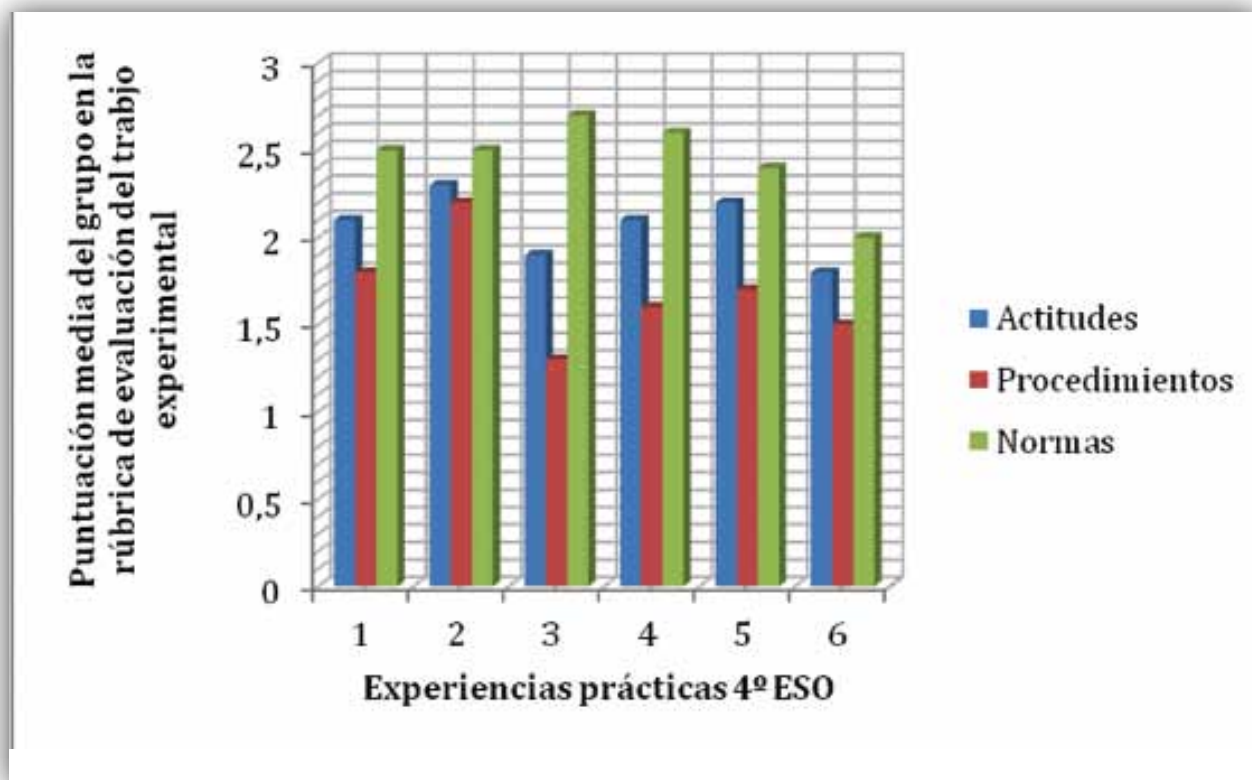


Figura 2. Evaluación del trabajo experimental en el grupo de 4.º de ESO para las 6 experiencias propuestas. Elaboración propia.

De forma análoga, en la *Figura 3* aparecen los resultados de la evaluación del trabajo experimental en las 5 experiencias programadas para 2.º de Bachillerato. En este caso el total de alumnos que conforman el grupo es de 18.

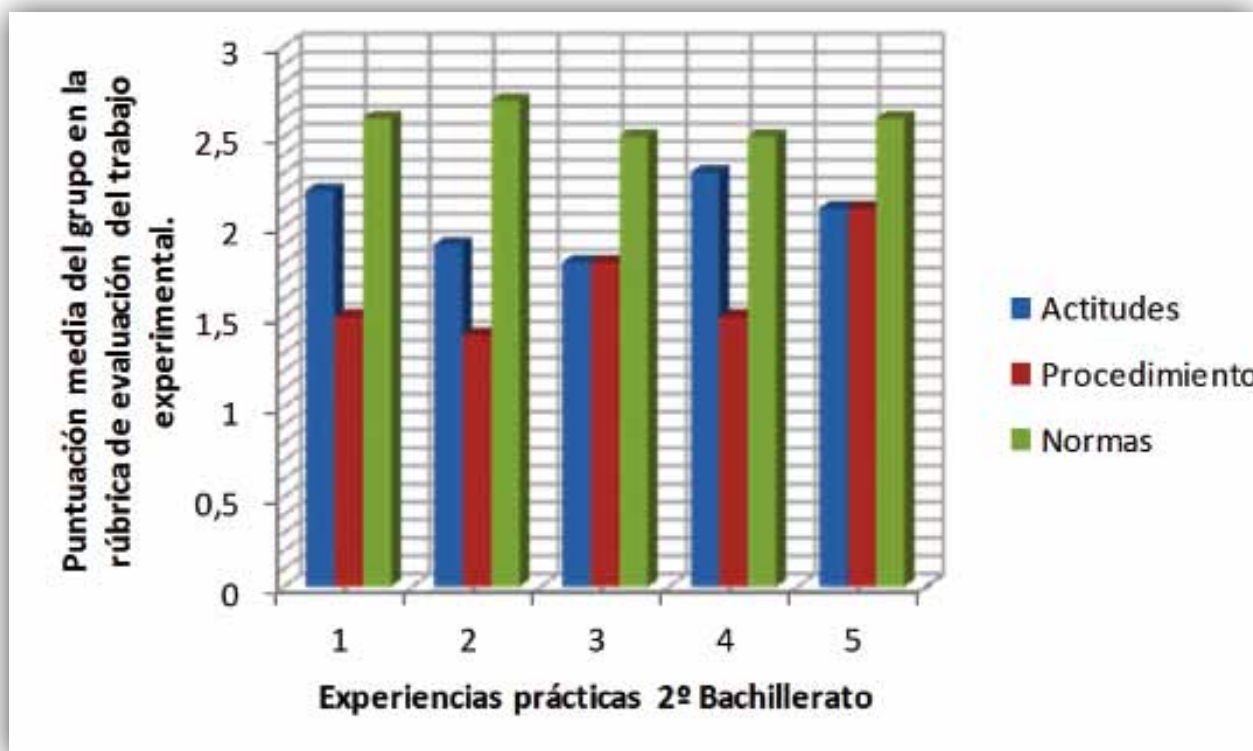


Figura 3. Evaluación del trabajo experimental en el grupo de 2.º de Bachillerato para las 5 experiencias propuestas. Elaboración propia.

El análisis de los resultados de los grupos de alumnos carece de sentido cuando el objetivo de los instrumentos de evaluación que presentamos es el proceso de enseñanza-aprendizaje individualizado; pero una realidad apreciable en ambas gráficas es que los dos grupos evaluados obtienen puntuaciones más altas en el cumplimiento de las normas de seguridad y actitudes positivas que en el dominio de los procedimientos necesarios para el trabajo experimental.

La evaluación del trabajo de aula-laboratorio de los alumnos por parte de la profesora-investigadora se complementa con un análisis de resultados de aprendizaje aplicando los criterios de evaluación y calificación establecidos en la programación docente según los objetivos previstos para cada experiencia, y así poder calificar individualmente a cada alumno.

La evaluación de esta propuesta no solo contempla los resultados de los alumnos, la profesora-investigadora es el agente implicado en la observación participante y en la aplicación de los instrumentos para la toma de datos, por lo que debe también autoevaluar la propia práctica docente y la oportunidad de las experiencias programadas.

El análisis de esta doble evaluación va a determinar que esta propuesta didáctica se amplíe en el centro al resto de cursos de ESO y Bachillerato a la hora de abordar los contenidos de Física.

## CONCLUSIONES

Actualmente nos encontramos en el primer curso de incorporación del proyecto de innovación a la programación didáctica de la Física en nuestro centro y hemos dedicado nuestro trabajo en este curso a la evaluación individualizada del trabajo experimental de los alumnos.



A partir de esta experiencia podemos concluir que, aunque muchos alumnos disfrutaban del tipo de actividades que les ofrecemos y desarrollan actitudes positivas hacia la ciencia y el cumplimiento de las normas de seguridad en el laboratorio, un buen número de ellos no ha adquirido las destrezas procedimentales propias del trabajo experimental.

Los estudiantes normalmente disfrutaban cuando trabajan en el laboratorio, pero no todos lo hacen de igual manera. Uno de los aspectos más insatisfactorios para los alumnos es el hecho de que toda experiencia práctica lleva asociada la realización de un informe de laboratorio, tarea que los alumnos realizan con mucha menor disposición. Hay que destacar que el entusiasmo por el trabajo práctico a menudo disminuye de forma significativa a la hora de realizar el informe. Parece que con la edad este rechazo hacia esta tarea disminuye, y los alumnos de 2.º de Bachillerato, tal vez por su mayor nivel de las competencias precisas para su realización, no manifiestan esta hostilidad.

No parece haber grandes diferencias entre chicos y chicas sobre las actitudes y el interés que muestran por el trabajo, pero sí en cuanto a los modos de proceder en el laboratorio. Hemos observado que, al igual que proponían otros autores<sup>8</sup> hace dos décadas, los chicos se interesan más y son más activos (con más autonomía personal), mientras que las chicas parecen tener menos seguridad en los procedimientos y solicitan la ayuda de la profesora con más frecuencia, especialmente al iniciar una nueva fase del experimento.

La renovación prevista del proyecto de innovación en nuestro centro y la incorporación de nuevos centros de Secundaria para la próxima edición nos va a permitir no solo continuar con esta experiencia, sino ampliar los objetivos previstos al estudio sobre la mejora en la evaluación de los informes de laboratorio, el conocimiento de las experiencias prácticas y su evaluación en otros centros, y el estudio de fiabilidad y validez de nuestros instrumentos.

---

<sup>8</sup> LOCK, R. 1992. *Gender and practical skill performance in science*. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 227-241.

# LA CONCEPCIÓN DE LA NUTRICIÓN VEGETAL EN LOS FUTUROS PROFESORES DE SECUNDARIA

Irene Angosto Sánchez

*Doctoranda del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la UCM*  
ireneangosto@gmail.com

Juan Gabriel Morcillo Ortega

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la UCM*

**Palabras clave:** Didáctica de la Biología, nutrición vegetal, Enseñanza secundaria, errores conceptuales, formación del profesorado.

**Key words:** Biology didactics, vegetal nutrition, secondary school, misconceptions, teacher training.

## Resumen

El tema de la nutrición vegetal se considera imprescindible en la educación de la biología y, sin embargo, resulta ser uno de los más conflictivos en el aula tanto en su asimilación como en su comprensión. Cuando se analizan las causas de esta problemática, se llega a la conclusión de que está relacionada con una malla compleja de factores interrelacionados, y quizá uno de los más llamativos es el hecho de que estos errores conceptuales e ideas alternativas se encuentran presentes en los propios profesores de Secundaria. En este estudio hemos analizado los conocimientos sobre la nutrición vegetal de 55 estudiantes del Máster de Formación del Profesorado de la especialidad de Biología y Geología.

## Abstract

Vegetal nutrition is one of the most important subjects in Biology. However, it is, as well, one of the most controversial and complicated subjects in the class regarding understanding and assimilation. Several studies show that it is caused by a very complex net of different factors and, maybe, one of the most remarkable reasons could be that even the secondary teachers have a lot of misconceptions about vegetal nutrition. With this study we have analysed the knowledge about vegetal nutrition of 55 teacher training students specialised in biology and geology.

## INTRODUCCIÓN

La nutrición vegetal se considera un tema imprescindible en la enseñanza de la biología, y así queda patente al estar presente en los currículos de la mayoría de los países (KÖSE, 2008). Este tema se trabaja en

España desde Primaria, y es entonces cuando se construyen muchos de los primeros conceptos y relaciones conceptuales elementales (CAÑAL, 2005) que después serán tan difíciles de erradicar. Es un hecho que muchas de las ideas alternativas que aparecen en esta etapa se mantienen a lo largo de los siguientes cursos académicos, sobrepasando el instituto y alcanzando niveles universitarios e, incluso, a los propios profesores que ejercen el ejercicio docente en las aulas (CAÑAL, 2005; KÖSE, 2008). Sin embargo, es en Secundaria cuando el tema de la nutrición vegetal se aborda con una mayor profundidad y cuando surgen las incongruencias propias de este tema. Cualquier profesor de Biología de Secundaria y Bachillerato ha podido comprobar que el tema de la fotosíntesis resulta ser uno de los más conflictivos en el aula en su asimilación y comprensión (HASLAM, 1987; CAÑAL, 1990; CAÑAL, 2005). Además, los errores conceptuales sobre estos tópicos aparecen de una manera generalizada en todas las culturas que trabajan sobre este proceso en la enseñanza (KÖSE, 2008). Centrándonos en los niveles de Secundaria, hemos podido encontrar en la bibliografía cerca de 50 concepciones alternativas distintas solamente sobre el proceso de fotosíntesis. Como ejemplo nombraremos algunas de las más repetidas en la bibliografía:

- La fotosíntesis introduce  $\text{CO}_2$  y expulsa  $\text{O}_2$  por el día, mientras que por la noche funciona al revés (MASKILL, R. y CACHAPUZ A.F.C., 1989; CAÑAL, 2005; PROKOP, P. y FANCOVICOVÁ J., 2006; KÖSE, 2008).
- No se puede dormir con plantas en la habitación porque consumen el  $\text{O}_2$  (CAÑAL, 1990; CHARRIER y OBENAT, 2001; KÖSE, 2008).
- La fotosíntesis es la respiración de las plantas (MASKILL, R. y CACHAPUZ, A.F.C. 1989; THOMAS, G. V. y SILK, A.M.J. 1990; HAZEL, E. y PROSSER, M. 1994; ABDULLAH, A. y SCAIFE, J. 1997; PROKOP, P. y FANCOVICOVÁ, J. 2006; KÖSE, 2008).
- La fotosíntesis sirve para producir  $\text{O}_2$  (ABDULLAH, A. y SCAIFE, J. 1997; CAÑAL, 2005; PROKOP, P. y FANCOVICOVÁ, J. 2006; KÖSE, 2008).
- Las plantas fotosintetizan por el día y respiran por la noche (CAÑAL, 1990; EISEN y STAVY, 1993; CHARRIER y OBENAT, 2001; CAÑAL, 2005; KÖSE, 2008).

En general, se confunden la fotosíntesis y la respiración en todos los sentidos, tanto en lo que se refiere a los productos y los sustratos como a su papel fisiológico o momento del día en el que ocurren. Por esto no es de extrañar que los trabajos centrados en el análisis de las concepciones de los estudiantes sobre estos procesos hayan despertado un gran interés entre los investigadores desde comienzos de los ochenta (CHARRIER, 2006). El objetivo de estas investigaciones suele ser solventar la aparición de concepciones alternativas generalizadas y analizar las razones de su aparición que parece estar relacionada con una malla compleja de factores (BATTINGER *ET AL.*, 1988; CAÑAL, 1990; ANGOSTO, 2013). Las raíces de estos errores son tan profundas que, en algunos casos, alcanzan a los propios libros especializados en fisiología vegetal (ANGOSTO, 2013), que son los recursos que se consideran más fiables para la búsqueda de información.

Con este trabajo hemos pretendido hacer un estudio de los conocimientos acerca de la nutrición vegetal que tienen los futuros profesores de ciencias naturales y Biología de Secundaria y Bachillerato. Para ello hemos diseñado un cuestionario con algunas de las ideas alternativas más frecuentes en Secundaria y se lo hemos pasado a estudiantes del Máster de Formación del Profesorado de la UCM. Estos estudiantes pertenecían a la especialidad de Biología y Geología en los cursos 2012-13 y 2013-14. El número total de encuestados fue 55 entre los dos años. Habría que resaltar el hecho de que la gran mayoría de los estudiantes del máster son biólogos, no geólogos, por lo que cabe suponer un conocimiento alto acerca de la nutrición vegetal.

## DISEÑO Y ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO

### CUESTIONARIO PARA UNIVERSITARIOS Y PROFESORES

#### I. Marca V o F según sean verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

1. La finalidad del abono es aportar los nutrientes orgánicos necesarios para la planta.
2. Es peligroso dormir con plantas por la noche porque consumen el oxígeno.
3. Las plantas obtienen todos los componentes inorgánicos que necesitan del suelo.
4. La síntesis de aminoácidos para formar proteínas forma parte del proceso fotosintético.
5. Las raíces son la boca de las plantas.
6. La fotosíntesis se realiza por el día y la respiración, en cambio, por la noche.

#### 2. Marca la opción correcta:

7. ¿Cuál es la finalidad de la fotosíntesis?
  - A. Producir oxígeno.
  - B. Producir carbohidratos, como la glucosa.
  - C. Producir todos los nutrientes orgánicos (carbohidratos, aminoácidos, ácidos grasos y bases nitrogenadas).
  - D. A y B son correctas.
8. ¿Para qué sirven las sales minerales, como los nitratos y sulfatos?
  - A. Como cofactores de las reacciones de oxido-reducción.
  - B. Como sustratos que reducir hasta componentes orgánicos en el proceso fotosintético.
  - C. Para formar parte de los fotosistemas.
  - D. Para que funcionen las bombas y los diferentes transportes de las células.
9. ¿Qué es el CO<sub>2</sub> para las plantas?
  - A. El gas que usan en el proceso de la respiración.
  - B. Un alimento esencial.
  - C. Un gas inútil que expulsan por los estomas.
  - D. El compuesto que transforman en oxígeno en el proceso de fotosíntesis.
10. Sobre las células de las plantas, ¿cuál de estas afirmaciones es correcta?
  - A. Todas las células de las plantas son células vegetales, tienen cloroplastos y metabolismo autótrofo.

- B. No todas las células de las plantas tienen cloroplastos; por lo tanto, estas células sin cloroplastos tienen un metabolismo heterótrofo.
- C. Todas las células de las plantas tienen metabolismo autótrofo, pero no todas tienen cloroplastos.
- D. Todas las células de las plantas tienen metabolismo autótrofo excepto las de las plantas carnívoras.

11. Sobre la fotosíntesis y la respiración, ¿cuál de estas afirmaciones es correcta?

- A. Las plantas no necesitan respirar cuando hay luz porque ya obtienen la energía que necesitan de las reacciones fotosintéticas; por lo tanto, solo respiran por la noche.
- B. La fotosíntesis es el proceso contrario a la respiración al ser el proceso productor de oxígeno y consumidor de  $\text{CO}_2$ .
- C. A y B son incorrectas.
- D. A y B son correctas.

12. ¿Qué significa que las plantas tengan nutrición autótrofa?

- A. Que no tienen los mismos requerimientos nutricionales que los animales.
- B. Que no necesitan los nutrientes orgánicos para crecer y desarrollarse, solo necesitan nutrientes inorgánicos.
- C. A y B son incorrectas.
- D. A y B son correctas.

13. ¿Cuál es el destino de la savia bruta?

- A. Las hojas.
- B. Las raíces.
- C. Todas las células.

14. ¿Cuál es el destino de la savia elaborada?

- A. Las hojas.
- B. Las raíces.
- C. Todas las células.

Analizando detenidamente el cuestionario, se puede comprobar que las preguntas son muy básicas. No exigen, en ningún momento, conceptos de fisiología vegetal profundos o especializados, sino que se centran en las ideas generales sobre la nutrición vegetal y sobre la propia finalidad de la nutrición. En realidad, todas las preguntas pueden responderse a partir del tema de nutrición que se estudia en 2.º de la ESO, a excepción de la pregunta 4, que incluye el concepto de aminoácido (que se estudia en 3.º de la ESO)

y la pregunta 8, que incluye los conceptos de cofactores de las reacciones redox y las bombas de transportes celulares (conceptos que salen por primera vez también en la Biología de 3.º de la ESO). En cualquier caso, ni siquiera estas preguntas son realmente complicadas, ya que preguntan, aunque de otra manera, lo mismo que la pregunta 7, que habla de la finalidad de la fotosíntesis. Además, ninguna de las preguntas requieren memoria, solo precisan de la comprensión de la nutrición autótrofa y, en particular, la vegetal, por lo que, una vez vistos los conceptos básicos que nos hacen comprender lo que se nos pregunta, pueden resolverse en cualquier momento sin miedo a que se les haya olvidado algo.

Antes de mostrar los resultados obtenidos en el test con los alumnos del Máster, vamos a presentar una corrección comentada de las preguntas.

### RESPUESTAS COMENTADAS DEL TEST

1. *La finalidad del abono es aportar los nutrientes orgánicos necesarios para la planta.*

(FALSO) Las plantas son seres autótrofos, lo que significa que generan sus propios nutrientes orgánicos para generar estructuras, extraer energía o regular procesos. No los toman del medio.

2. *Es peligroso dormir con plantas por la noche porque consumen el oxígeno.*

(FALSO) Aunque es cierto que las plantas respiran, su consumo de oxígeno es muy inferior al de una persona o al de cualquier mascota que pueda estar en la habitación de una casa. Esta idea de que las plantas de interior, en la oscuridad, envenenan el aire y que, por ello, las plantas y flores deben eliminarse de los dormitorios por las noches surgió en el s. XVIII. En realidad se la debemos a Ingenhousz (1730-1799), quien descubrió que las plantas contaminaban el ambiente con «aire nocivo» tanto en la luz como en la oscuridad, pero que cuando estaban iluminadas, el desprendimiento de «aire depurado» excedía a su consumo (ANGOSTO y MORCILLO, 2014).

3. *Las plantas obtienen todos los componentes inorgánicos que necesitan del suelo.*

(FALSO) El CO<sub>2</sub> lo absorben por los estomas puesto que está en el aire.

4. *La síntesis de aminoácidos para formar proteínas forma parte del proceso fotosintético.*

(VERDADERO) Los libros y las explicaciones sobre la fotosíntesis se centran en la glucosa como producto final, pero ¿de dónde sacan las plantas entonces el resto de nutrientes orgánicos que necesitan? En realidad, mediante el proceso fotosintético, la planta reduce componentes inorgánicos oxidados y para ello utiliza la energía lumínica del Sol. Por lo tanto, aunque el mayor porcentaje de peso seco de los vegetales se trate de glúcidos, debemos ser conscientes de que los vegetales poseen el resto de moléculas orgánicas en sus estructuras y, puesto que no las introducen del medio, las generan ellas.

5. *Las raíces son la boca de las plantas.*

(FALSO) Por un lado, las plantas toman sustancias (como el CO<sub>2</sub>) por las hojas y nadie las consideraría «bocas de las plantas». Sin embargo, lo que es más importante es que el mismo hecho de buscar estructuras propias del modelo anatómico animal en las plantas resulta un error grave. Las

plantas no tienen boca, como no tienen ojos ni uñas ni estómago. Su funcionamiento y sus estructuras son, simplemente, distintas. ¿Cuáles serían las «hojas de los animales»?

6. *La fotosíntesis se realiza por el día y la respiración, en cambio, por la noche.*

(FALSO) Las plantas respiran durante todo el día, ya que la respiración es el proceso por el cual los seres vivos extraen la energía de los nutrientes orgánicos.

7. *¿Cuál es la finalidad de la fotosíntesis?*

(C) Como ya se ha comentado en la pregunta 4, la planta requiere de glúcidos para formar sus estructuras, regular procesos y extraer energía, pero también necesita (y posee en su estructura) el resto de moléculas orgánicas. Por lo tanto, la finalidad de la fotosíntesis es sintetizar todas estas moléculas orgánicas a partir de los componentes inorgánicos que obtiene del ambiente.

8. *¿Para qué sirven las sales minerales, como los nitratos y sulfatos?*

(B) Las sales minerales son compuestos inorgánicos bastante oxidados que deben ser reducidos para generar los nutrientes orgánicos que la planta necesita además de la glucosa (que solo está formada de carbono, hidrógeno y oxígeno). Por ejemplo, los aminoácidos, para formar las proteínas, necesitan, además, azufre y nitrógeno. Este concepto de oxido-reducción quizá es algo complejo para los estudiantes de Secundaria, a pesar de que es un tema que se trabaja en la asignatura de Química de 3.º de la ESO. Sin embargo, no es necesario que comprendan este proceso para entender que las sales minerales sirven, junto con el  $\text{CO}_2$ , para formar las moléculas orgánicas mediante el proceso de fotosíntesis. De cualquier manera, en este caso, estamos hablando de los futuros profesores de ciencias y biología que conocen perfectamente lo que es una reacción de oxido-reducción.

9. *¿Qué es el  $\text{CO}_2$  para las plantas?*

(B) Se trata de su fuente de carbono más común para la síntesis de las moléculas orgánicas.

10. *Sobre las células de las plantas, ¿cuál de estas afirmaciones es correcta?*

(B) Las células que no poseen cloroplastos, como las de la raíz, poseen un metabolismo heterótrofo, o, dicho de otra manera, no tienen la capacidad de generar nutrientes orgánicos a partir de componentes inorgánicos. Es cierto que los conceptos de nutrición autótrofa y heterótrofa se suelen asociar a los organismos y no a las células del organismo, por lo que esta pregunta puede resultar un poco liosa en principio. Pero su única pretensión es comprobar que hay conceptos que se aprenden de memoria y no se cuestionan, como es el hecho de la clasificación de las células eucariotas en vegetales y animales, asociándoles un tipo de nutrición a cada una por la presencia o ausencia de cloroplastos, cuando es conocido el hecho de que no todas las células de las plantas poseen cloroplastos, por lo que son incapaces de realizar la fotosíntesis.

11. *Sobre la fotosíntesis y la respiración, ¿cuál de estas afirmaciones es correcta?*

(C) Esta pregunta pretende comprobar si estos dos conceptos y el papel que juegan dentro del proceso global de la nutrición vegetal están claros. La fotosíntesis y la respiración son dos procesos

imprescindibles para la nutrición completa de un vegetal. Con la fotosíntesis se generan los nutrientes orgánicos. Estos nutrientes después se utilizarán para lo que sean necesarios. Por ejemplo, estos nutrientes pueden servir para formar estructuras o como reguladores celulares. La otra opción sería la obtención de energía mediante el proceso de respiración en las mitocondrias.

12. *¿Qué significa que las plantas tengan nutrición autótrofa?*

(C) Los nutrientes orgánicos son los mismos para todos los seres vivos (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos). La única diferencia es que los animales los toman del exterior; ya que son incapaces de sintetizarlos a partir de compuestos inorgánicos, y las plantas pueden fabricarlos gracias al proceso de fotosíntesis.

13. *¿Cuál es el destino de la savia bruta? y*

14. *¿Cuál es el destino de la savia elaborada?*

(C) y (C) La savia bruta contiene agua y sales minerales. Estos nutrientes inorgánicos, aunque son requeridos en mayores cantidades en las zonas donde se va a realizar la fotosíntesis, ya que sirven como sustratos del proceso de fotosíntesis, son necesarios en todas las células en menores cantidades. Las células, tanto animales como vegetales y procariotas, necesitan ciertos iones y, por supuesto, agua.

De igual manera, todas las células requieren de todos los nutrientes orgánicos para formar sus estructuras, regular procesos u obtener energía. Por lo tanto, son necesarios en todas las células de la planta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados obtenidos con el cuestionario no lo vamos a mostrar en el mismo orden que las preguntas del test con el objetivo de hacer algunas comparaciones y reflexiones más profundas.

Empezaremos por las ideas ligadas al saber popular o a un aprendizaje anterior erróneo. La idea de que las raíces pueden ser consideradas como las bocas de las plantas sigue presente en el 30% de los encuestados; y un 15% mantiene la creencia de que hay que sacar las plantas de la habitación por las noches. La primera idea se relaciona con una visión antropomórfica de los patrones estructurales y fisiológicos de los seres vivos. En general, existe una tendencia a solapar el modelo anatómico del ser humano con el del resto de seres vivos para comprender mejor sus funciones. Esto es común en los niños o en las personas desconocedoras de otros patrones morfológicos, pero se presupone un tema para los licenciados en ciencias. La segunda idea ya hemos dicho que surgió en el siglo XVIII y desde entonces aparece como una idea muy recurrente en el saber popular que se pasa de padres a hijos. De nuevo, debería ser algo completamente descabellado para los futuros profesores de ciencias, que conocen conceptos como la tasa metabólica o de consumo de oxígeno.

Sobre los conceptos relacionados con la nutrición autótrofa (concepto que no deja de estudiarse y de aparecer en los libros desde 1.º de la ESO hasta Bachillerato), comprobamos que el 17% cree que los vegetales no tienen los mismos requerimientos nutricionales que los animales y el 50% responde que las plantas no necesitan nutrientes orgánicos, olvidando así las funciones de los nutrientes en los seres vivos, algo básico que se estudia desde 1.º de la ESO. Además, hoy en día, la importancia de la nutrición y de los diferentes componentes que hay que incluir en las dietas se considera un tema de enorme interés público, por lo que está presente diariamente en el contexto sociocultural de la mayoría de nosotros y de nuestros estudiantes.



El 21% de los estudiantes del máster encuestados cree que todas las células de las plantas tienen cloroplastos. Solo el 30% considera que la savia bruta (agua y sales minerales) son nutrientes necesarios para todas las células y el 25% no considera que el destino de la savia elaborada sean todas las células. Esta última respuesta se puede leer como algo que se han aprendido de memoria y nunca se han preguntado si tiene sentido, ya que, si se piensa por qué la planta los fabrica y para qué los utiliza, es lógico suponer que se requieren en todas las células.

Sobre el papel del  $\text{CO}_2$ , una quinta parte de los futuros profesores de ciencias naturales se olvidan de que el  $\text{CO}_2$  es una sustancia esencial para los vegetales, ya que contestan que todo lo que las plantas toman del medio entra por las raíces. Sin embargo, en otra pregunta solo el 23% lo considera un alimento para las plantas. Dos respuestas distintas para la misma pregunta. El 71% cree que es el gas que se transforma en  $\text{O}_2$  durante la fotosíntesis, un error terrible, semejante al de los estudiantes de secundaria que creen que en los pulmones el  $\text{O}_2$  se transforma en  $\text{CO}_2$ . Y aún hay quien considera que es el gas que las plantas usan para hacer la respiración, manteniendo la idea de que la fotosíntesis es la manera en la que las plantas respiran; una especie de respiración inversa (CAÑAL, 2005).

Acerca del proceso de la fotosíntesis, solo el 27% relaciona la fotosíntesis con la producción de toda la materia orgánica que la planta necesita, olvidándose del papel de las plantas en el reciclado de la materia como seres productores. Así encaja que el 70% de los encuestados piense que el abono sirve para proveer a las plantas de los nutrientes orgánicos que necesita. Este problema tiene unas consecuencias más profundas y elementales que desconocer el proceso de fotosíntesis. En realidad, lo que el 70% de los futuros profesores no tiene claro es lo que significa que las plantas sean autótrofas. Responder así muestra un desconocimiento total del significado de nutrición autótrofa, o, al menos, de un conocimiento integrado y significativo. A parte, el 29% de los futuros profesores cree que el objetivo de la fotosíntesis (o uno de ellos) es la producción de oxígeno, cuando, en realidad, el oxígeno es un producto de desecho del proceso y por eso es expulsado. El 67% piensa que la única molécula que es sintetizada por las plantas es la glucosa. Este es, quizá, el error más común, ya que los propios libros de texto lo cometen en los niveles de Enseñanza Secundaria. En el caso de los manuales de fisiología vegetal, de nuevo el protagonismo se lo lleva la fotosíntesis de glúcidos, dejando la reducción de los nitratos y sulfatos como un tema aparte (ANGOSTO, 2013). Es, pues, previsible que solo el 13% de los encuestados relacione a los nitratos y sulfatos con la síntesis de proteínas. Lo que resulta muy curioso es que en otra pregunta hay un 42% que contestan, que las sales minerales, como los nitratos o sulfatos, sirven para reducirlos a componentes orgánicos en la fotosíntesis. Aquí observamos que, incluso a estos niveles la respuesta depende de cómo se formule la pregunta.

Cuando se comparan los procesos de fotosíntesis y de la respiración, el 20% cree que las plantas no respiran cuando hay luz porque ya están realizando la fotosíntesis y el 54% cree que ambos procesos son contrarios.

## CONCLUSIONES

Aunque el tamaño muestral no sea muy grande, los resultados obtenidos son suficientemente alarmantes, ya que estamos hablando de personas con una formación universitaria en ciencias de la naturaleza, sobre todo en biología. Pero no podemos simplemente llevarnos las manos a la cabeza; tenemos que buscar y analizar bien las causas y ponerles alguna solución. Lo que parece evidente es que, viendo lo que saben sobre la nutrición vegetal los futuros profesores de ciencias de Secundaria y Bachillerato, no puede sorprendernos la gran cantidad de errores conceptuales e ideas alternativas que los estudiantes de estos niveles acumulan sobre este tema. Esto, sumado al estudio de los manuales de fisiología vegetal que hicimos hace dos años, nos lleva a comprobar que las raíces del problema son muy profundas. Nuestra idea es seguir pasando el cuestionario durante los próximos cursos para ir afinando más las conclusiones e ir desarrollando una propuesta didáctica alternativa.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANGOSTO, I. (2013). Fotosíntesis en los manuales universitarios de fisiología vegetal. En: M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (eds.) Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato. Experiencias Docentes y estrategias de innovación educativa para la enseñanza de la Biología, la Geología, la Física y la Química. *Actas del II Congreso de Docentes de Ciencias de la naturaleza*. Madrid, Santillana, pp. 255-263.
- ANGOSTO, I. y MORCILLO, J. G. (2014). La concepción histórica de la fotosíntesis y su relación con la enseñanza actual. Enseñanza e Historia de las Ciencias y de las Técnicas. Orientación, Metodologías y Perspectivas. *Actas del VII Simposio de Enseñanza e Historia de las Ciencias y de las Técnicas de la SEHCYT*. Barcelona, SEHCYT, pp. 365-370.
- ABDULLAH, A. y SCAIFE, J. (1997). *Using interviews to assess children's understanding of science concepts*. *School Sci. Rev.*, 78 (285), pp. 79-84.
- BATTINGER, R., TRAMOY, M., CAENS, S. y MILLOT, J., (1988). *Nutrition de la plante*; en *Les représentations des élèves en Biologie*. Dijon: INRAP-ENSSAA-Lycees Agricoles.
- CAÑAL, P. (1990). La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes. Un estudio didáctico en la Educación Básica. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- CAÑAL, P. (1997). La fotosíntesis y la «respiración inversa» de las plantas: ¿un problema de secuenciación de contenidos? *Alambique*, 14, pp. 21-36.
- CAÑAL, P. (2005). *La nutrición de las plantas: enseñanza y aprendizaje*. Madrid: Síntesis.
- CHARRIER MELILLÁN, M., CAÑAL, P. y RODRIGO VEGA, M. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: Una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las Ciencias*. 24(3), p. 401-410.
- CHARRIER MELILLÁN, M. y OBENAT, S. (2001). Estudio de las concepciones de futuros maestros y profesores argentinos acerca de la fotosíntesis y la respiración. *Enseñanza de las Ciencias*, 2, p. 282.
- EISEN, Y. y STAVY, R. (1993). *How to make the learning of photosynthesis more relevant*. *International Journal of Science Education*, 15(2), pp. 117-125.
- HASLAM, F. y TREAGUST, D.F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple-choice instrument. *J. Biol. Edu.*, 21(3), pp. 203-211.
- HAZEL, E. y PROSSER, M. (1994). First-year university students' understanding of photosynthesis, their study strategies and learning context. *The American Biology Teacher*, 56 (5), pp. 274-279.
- KÖSE, S. (2008). Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method. Denizli, Turkey: Department of Biology Education, Faculty of Education, Pamukkale University. *World Applied Sciences Journal* 3 (2), pp. 283-293.
- MASKILL, R. y CACHAPUZ, A.F.C. (1989). Learning about the chemistry topic of equilibrium: The use of word association tests to detect developing conceptualizations. *Intl. J. Sci. Edu.*, 11 (1), pp. 57-69.
- PROKOP, P. y FANCOVICOVÁ, J. (2006). Students' ideas about the human body: Do they really draw what they know? *J. Baltic Sci. Edu.*, 2 (10), pp. 86-95.
- THOMAS, G.V. y SILK, A. M. J. (1990). *An introduction to the psychology of children's drawings*, Hemel Hempstead: Harvester Wheat Sheaf.



# PROPUESTA MULTIDISCIPLINAR Y COOPERATIVA: «ENERGÍAS RENOVABLES EN SECUNDARIA»

Nelson Arias Ávila

*Licenciatura en Física, Universidad Distrital  
Carrera 3 No. 26A - 40. Bogotá, Colombia  
nelsona@udistrital.edu.co*

Verónica Tricio Gómez

*Departamento de Física, Universidad de Burgos  
Plaza Misael Bañuelos. Burgos, España  
vtricio@ubu.es*

**Palabras clave:** enseñanza de las ciencias, energías renovables para nivel secundario, aprendizaje por proyectos, cooperación entre educadores, educación científica básica.

**Keywords:** Science education, renewable energy for secondary, project learning, cooperation between educators, basic science education

## Resumen

Es clara la necesidad de modificar el modelo energético existente. En el nuevo esquema por venir las energías renovables desempeñarán un papel fundamental, por lo que es indudable la importancia de enseñar y aprender algunos tópicos referentes a estas energías y temas relacionados. En este trabajo, producto de la cooperación entre las Universidades de Burgos, España, y Distrital de Bogotá, Colombia, se presenta una propuesta multidisciplinar y cooperativa para la enseñanza de las energías renovables en Secundaria. Se pretende así contribuir a la mejora del nivel de la educación científica básica a través de la cooperación entre educadores de biología, física y química, principalmente.

## Abstract

It is a clear need to modify the existing energy model. In the new scheme for coming renewables will play a key role, so it is undoubtedly important to teach and learn some topics concerning these energies and related topics. Multidisciplinary and cooperative approach to teaching in secondary Renewable Energy is presented as a product of cooperation between the Universities of Burgos, Spain and the District of Bogotá, Colombia. The aim is to contribute to the improvement of basic science education through cooperation between teachers of Biology, Chemistry and Physics, mainly.

## INTRODUCCIÓN

Es comúnmente aceptado que el esquema actual de producción de energía –basado en combustibles fósiles– es insostenible, por lo cual es clara la necesidad de modificar el modelo energético existente<sup>1</sup>, generando además un cambio radical en el ahorro y uso racional de la energía a todos los niveles. Ante la necesidad de cambio hacia un desarrollo sostenible, cambio que no será fácil ni tan rápido como se quisiera, es ampliamente reconocida la importancia de la energía. Uno de los temas de acción clave adoptado durante la década de la educación para la sostenibilidad (2005-2014) ha sido la transición energética; por ello, la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) proclamó el año 2012 *Año Internacional de la Energía Sostenible para Todos*. Recientemente la ONU decidió declarar, además, *Década de Energía Sostenible para Todos* al período entre 2014 y 2024, bajo el criterio de que el acceso a la energía es crucial para alcanzar los Objetivos de Desarrollo de la ONU para el Milenio (ODM).<sup>2,3</sup>

Dentro de ese nuevo esquema de transición y futuro, se espera que las energías renovables (ER) desempeñen un papel fundamental<sup>4,5,6,7</sup>, por lo cual es indudable la importancia de enseñar y aprender algunos tópicos referentes a estas y temas relacionados.<sup>8</sup> Dicha formación tendrá mejores frutos si se inicia a edades tempranas,<sup>9</sup> en particular en los niveles básico y medio de educación, lo cual propiciará además la adquisición de una cultura científica básica,<sup>10,11</sup> indispensable en el mundo de hoy.

A partir de todo lo anterior –y como producto de la cooperación entre dos universidades–, se presenta en este trabajo una propuesta para la enseñanza de las energías renovables. El objetivo principal de la misma es favorecer a los estudiantes de esos niveles educativos, no solo la adquisición de conocimientos, habilidades y hábitos básicos en las temáticas ya mencionadas, sino también el desarrollo de actitudes que se manifiesten tanto en el intercambio de ideas y experiencias con sus familiares y entorno en general como en su comportamiento a lo largo de la vida.

<sup>1</sup> CALVO, F.J., FRANCO, M., LUENGO, P., RAMOS, A. (coords.) (2004), *Energías y medio ambiente*. Salamanca, Ediciones Universidad de Salamanca, p. 443

<sup>2</sup> OEI, *La transición energética. Una Nueva Cultura de la Energía*, en [www.oei.es/decada/accion.php?accion=023](http://www.oei.es/decada/accion.php?accion=023), consultado el 20 de mayo de 2014.

<sup>3</sup> UNESCO, *Educación para el Desarrollo Sostenible*, en [www.unesco.org/new/es/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development/education-for-sustainable-development/](http://www.unesco.org/new/es/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development/education-for-sustainable-development/), consultado el 20 de mayo de 2014.

<sup>4</sup> MENÉNDEZ, R., y MOLINER, R. (coords.) (2011). *Energía sin CO<sub>2</sub>. Realidad o utopía*. CSIC y Catarata, p. 267.

<sup>5</sup> HERAS, M. (2008), *Fuentes de energía para el futuro*. Madrid, Ministerio de Educación, p. 324.

<sup>6</sup> GARCÍA, P. (2013). *Nuevas energías*, *Revista Española de Física*, 27 (1), 34-40.

<sup>7</sup> ARROYO, M (2008), *Nuevas fuentes de energía para un futuro sostenible. ¿Petróleo caro o protección del medio?*, *Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica*, Universidad de Barcelona, 26-30 de mayo de 2008.

<sup>8</sup> VALDÉS, R., RODRÍGUEZ, L., TRICIO, V. y LUCIO, J. *Nociones elementales y problemas docentes sobre la producción y utilización de hidrógeno electrolítico obtenido mediante fuentes renovables de energía*. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* (Aceptado y pendiente de publicación).

<sup>9</sup> MERINO, L. (2010). *Las Energías Renovables*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, p. 20.

<sup>10</sup> GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2006). *Educación ciudadana y alfabetización científica. Mitos y realidades*. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.

<sup>11</sup> GIL-PÉREZ, D., SIFREDO, C., VALDÉS, P., y VILCHES, A. (2005). *¿Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual?*, Gil-Pérez (Ed.), Santiago de Chile, en *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe, OREALC/UNESCO, pp. 13-28.

Son diferentes los métodos, formas y propuestas que se han hecho para la enseñanza y difusión de las ER en los diferentes niveles de educación.<sup>12, 13, 14, 15, 16</sup> Sin embargo, la mayoría de propuestas chocan con diferentes tipos de problemáticas, entre las cuales cabe mencionar: la dificultad de crear nuevas asignaturas o espacios para abordar dichas temáticas (en particular, en Educación Básica y media); la no adecuada preparación de los profesores de colegio en dichas temáticas (generalmente no recibieron dicha formación dado que no figura en sus currículos, y cuando existen las asignaturas respectivas, normalmente son optativas), el enfoque unidisciplinar que se suele tener cuando se abordan esos temas (se estudian desde una sola disciplina), la falta de bibliografía adecuada para la enseñanza de los temas mencionados, especialmente en español, y para los niveles de Educación Básica y media. Además, varias de las propuestas hechas no se han implementado.

Se hace preciso un aporte a la superación de los inconvenientes señalados en el párrafo anterior y para el incremento del nivel de la educación científica básica. Para ello, la propuesta que se presenta, y que tiene como referencia trabajos anteriores de los autores,<sup>17, 18</sup> está orientada a favorecer cambios en los planteamientos temáticos y metodológicos en la enseñanza de las energías renovables en Secundaria.

## MÉTODO

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, son varias las propuestas efectuadas para la enseñanza de las ER en los diferentes niveles de educación. También son numerosos los artículos que tratan sobre las ventajas de utilizar estrategias de aprendizaje con metodologías activas en la enseñanza de las ciencias, que van más allá de la aplicación de didácticas tradicionales basadas en transmisión de contenidos<sup>19, 20, 21, 22</sup>.

En la mayoría de los estudios revisados, las nuevas líneas innovadoras se trabajan en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias en general; sin embargo, no conocemos antecedentes de implementa-

<sup>12</sup> ANDRÉS, D. y BARRIO, J. (2008). *Ciencias para el mundo contemporáneo*. Madrid, Editex, p. 336.

<sup>13</sup> RAU, M. (2011). *Moja Island: una forma amena de acercarse al mundo de las energías renovables*, en [www.scienceinschool.org/2011/issue19/moja/spanish](http://www.scienceinschool.org/2011/issue19/moja/spanish), consultado el 23 de abril de 2014.

<sup>14</sup> TEXAS. COMPTROLLER'S OFFICE (2008). *Adding energy to the classroom: middle school teacher resource guide*. Renewable Energy. Austin, Tex: State Energy Conservation Office, p. 168.

<sup>15</sup> DÍAZ, C. y BERNAL, A. (2012). *Enseñanza de Energías Alternativas*, Trabajo de grado. Bogotá, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Licenciatura en Física.

<sup>16</sup> CHAILE, M. y JAVI, V. (2010). Aportes a las políticas educativas para la inclusión curricular de las Energías Renovables: una aproximación a los procesos cognitivos estudiantiles, Cusco, en *IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES\_CLA)* y *XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII SPES)*.

<sup>17</sup> ARIAS-ÁVILA, N. y TRICIO, V. (2013). *Cartilla para la enseñanza de las energías renovables*. Burgos, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos, p.150.

<sup>18</sup> ARIAS-ÁVILA, N., TRICIO, V. y VALDÉS, R. (2013). *Aprendiendo Energías Renovables en Secundaria*, Marrakech, en *Séptimo Congreso Mundial de Educación Ambiental*.

<sup>19</sup> MONEREO, C. y CASTELLÓ, M. (1997). *Las estrategias de aprendizaje. Cómo incorporarlas a la práctica educativa*. Barcelona, Edebé.

<sup>20</sup> LUIS, M.C. (2010). *Enseñanza de las ciencias naturales. Acercarse a la naturaleza*, Aula de Innovación Educativa, 195, 42-46.

<sup>21</sup> MALDONADO, M. (2008). *Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior*. Laurus, Universidad Pedagógica Experimental Libertador Venezuela, Vol. 14, pp. 158-180.

<sup>22</sup> VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2011). El trabajo cooperativo en las clases de ciencias: una estrategia imprescindible pero aún infrutilizada, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales* 69, 73-79.

ción en la enseñanza centrada en las energías renovables para la Secundaria, tal como se plantea en nuestra propuesta. En nuestra opinión, la educación energética necesita también un cambio importante en los planteamientos temáticos y metodológicos con respecto a las asignaturas de ciencias tradicionales en la Enseñanza Secundaria. Se trata de abordar la enseñanza de las ER y temáticas afines con un enfoque diferente, innovador; mediante una metodología en la que se trabaje de forma colaborativa, multidisciplinaria y transversal, en los diferentes niveles educativos que son propios de la Enseñanza Básica y Bachillerato. Se trata de englobar algunos de los avances realizados en los últimos años por los educadores, en el ámbito concreto de las ER, de una forma simple y estructurada, aplicada a este nivel de enseñanza a través de actividades que involucren al estudiante y aprovechando en lo posible las ventajas de un enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente).

Esta orientación educativa se especifica en los siguientes aspectos: a) se hace énfasis en el enfoque multi e interdisciplinario necesarios e imprescindibles al abordar las temáticas mencionadas; b) involucra e integra transversalmente buena parte de las asignaturas propias del plan de estudios; c) desarrolla los contenidos tradicionales pero de manera algo diferente a lo habitual; d) impulsa la cooperación entre educadores de Biología, Geología, Física y Química, principalmente; e) es aplicable a cualquier currículo de Secundaria; f) el alumno es actor fundamental por medio de una metodología de proyectos; g) pretende ser también una herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje entre educadores interesados en estas temáticas.

La metodología general propuesta recoge experiencias de varios autores, favorece el aprendizaje de conocimientos y ciertas aptitudes referentes a la energía. Por parte de los colegios, posiblemente la metodología que mejor define la participación de los profesores es la investigación-acción.<sup>23</sup> También propone la realización de actividades-proyectos en las cuales el joven estudiante debe analizar una situación específica y buscar respuestas y soluciones, permitiéndole formar sus propias opiniones sobre el tema y fomentando su directa participación en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## MATERIALES Y ACTIVIDADES PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL AULA

Si bien se puede aplicar en cualquier institución educativa en general, la propuesta y su metodología se han preparado para ser implementadas de manera inmediata en enseñanza reglada y centros educativos de los dos países donde tienen experiencia los autores de este artículo, es decir, en Colombia y en España.

Se considera muy útil que los docentes puedan disponer de algún material didáctico del profesor. En este artículo se toman como referencia los elaborados en la «Cartilla para la enseñanza de las energías renovables». El primero lleva por nombre «Generalidades y Metodología». El contenido de este material consiste en un somero recuento de las principales iniciativas que desde diferentes entidades y organismos se han presentado para abordar la problemática generada por el empleo creciente y no controlado de las energías convencionales. Se analiza brevemente la situación en Colombia y España, anotando las similitudes con otros países; se fundamenta el porqué de la importancia y necesidad de enseñar las ER desde la más temprana edad; y finalmente se comenta la situación general con respecto a dicha enseñanza en Colombia y España a la luz de la reglamentación vigente en dichos países. El segundo material didáctico, llamado «Resumen Científico-Técnico», presenta una breve descripción sobre algunos aspectos científico-técnicos (fundamentalmente cualitativos) de las ER, con la intención de brindar al docente un resumen de estos, que lógicamente debe ser ampliado dependiendo de las asignaturas y necesidades concretas en cada clase. Se presentan los fundamentos básicos de conceptos tales como: radiación solar y su medición,

<sup>23</sup> UTTECH, M. (2006). ¿Qué es la investigación-acción y qué es un maestro investigador?, XXI: *Revista de Educación*, 8, pp. 139-150.

efecto invernadero, el hidrógeno, «tipos» de energía-solar (térmica y fotovoltaica), eólica, geotérmica, de la biomasa, del mar; hidráulica—, y las principales formas de aprovechamiento de cada una de ellas. En la *Figura 1* se muestran tres de las más de treinta figuras explicativas que se incluyen en el texto.

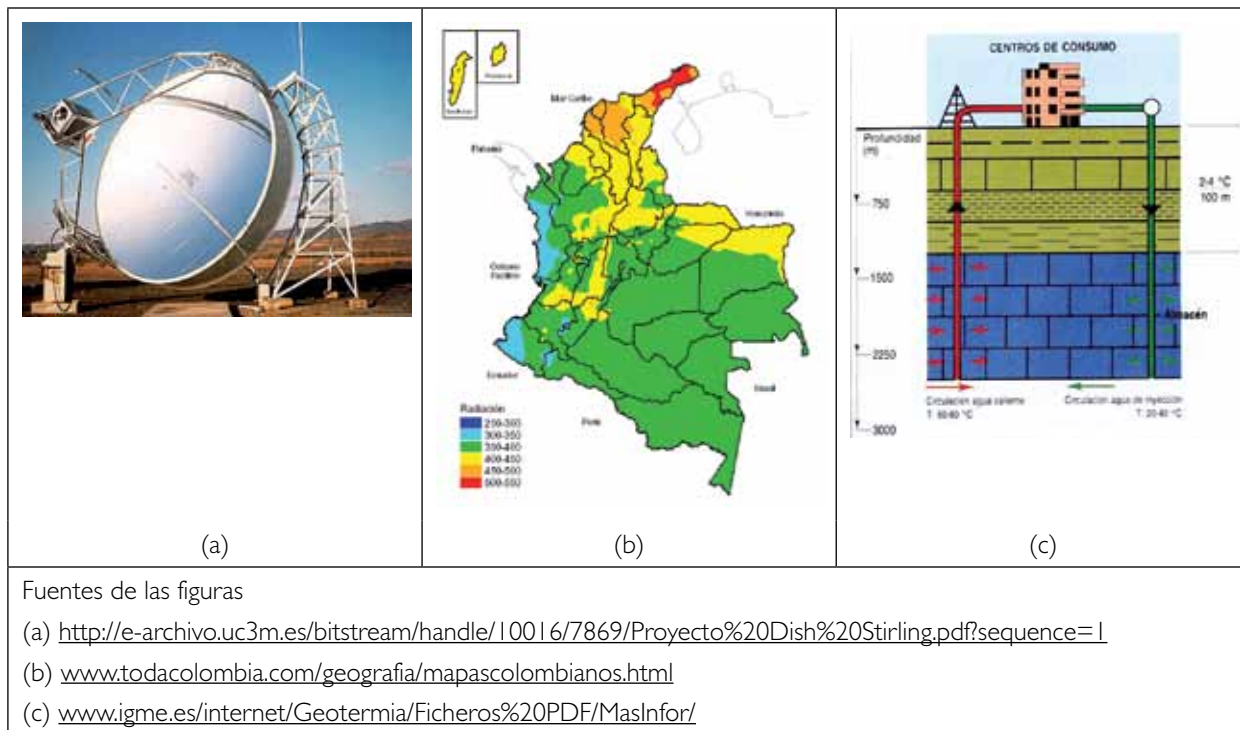


Figura 1. Algunas ilustraciones del segundo material didáctico.

Un tercer material didáctico, llamado «Sugerencias Metodológicas», se ha preparado teniendo en cuenta que generalmente los temas asociados con las ER que se estudian en los colegios se presentan de manera desarticulada desde diferentes asignaturas. Para solventar dicho problema, se plantean esas sugerencias metodológicas fundamentadas principalmente en el enfoque multidisciplinar y transversal, a partir del cual los estudiantes comprenderán más completa e integradamente las bases conceptuales de las ER (temas afines y su uso), desde la óptica de las diferentes asignaturas y, además, podrán tenerlos en cuenta cuando, como ciudadanos, deban tomar alguna posición con respecto al uso de la energía y en general a la conservación del medioambiente, del entorno y del planeta. Se espera que, en la medida de lo posible, se conformen equipos de profesores de diferentes ciencias y disciplinas interesados en la temática a tratar. Se sugiere la creación de círculos o grupos de interés en cada colegio que traten problemáticas relacionadas con el medio ambiente, las ER y temas similares, y para las que se propongan la realización de actividades.

En cuanto a las actividades a realizar, ya se ha comentado en un párrafo anterior que allí donde es posible se propone emplear el «aprendizaje basado en proyectos», que implican la directa participación del estudiante, bien sea de manera individual o grupal, o bien sea en el aula de clase o fuera de ella.

Dentro de dichos proyectos, se encuentran el desarrollo de experimentos «caseros» y la construcción (en algunos casos con elementos de diseño) de dispositivos sencillos y de bajo costo que emplean las ER para su funcionamiento. Los estudiantes construyen dispositivos con materiales de bajo costo y sugieren soluciones a situaciones previamente planteadas; y para informarse, aprender y comunicarse, además de las fuentes tradicionales, también se recomiendan las TIC como herramienta de aprendizaje. Con la metodología propuesta, el estudiante (o grupo de estudiantes) deberá no solo construir el dispositivo en



cuestión, sino desarrollar con él ciertas mediciones y hacer los análisis, cometarios y demás actividades que previamente se hayan planteado e, incluso, resolver algún pequeño ejercicio que el profesor plantee; es importante que el estudiante entienda el tipo de aplicaciones concretas que dichos dispositivos podrían tener en la vida diaria y sus ventajas con respecto a otros similares que empleen combustibles convencionales.

En ese ambiente de aprendizaje, una de las actividades concretas con el enfoque colaborativo es la creación de un aula real o virtual que podría llamarse «Aula de las Energías Renovables», que busque informar y sensibilizar a los visitantes (padres de familia, otros estudiantes, etc.). Si el aula es real, los estudiantes podrán reunirse periódicamente, realizar sus trabajos, presentar y exponer sus proyectos, tener algunos instrumentos para realizar prácticas de laboratorio, etc., Un periódico mural orientado por algún maestro, pero realizado directamente por los estudiantes, es una buena forma de iniciar las actividades del Aula. Los resultados de los proyectos realizados pueden ser la base para el periódico mural mencionado.

Finalmente, se considera que la elaboración de una ficha puede ser una herramienta didáctica útil, que facilite y complemente la labor del docente. Puede ser la mejor forma de reflejar sintéticamente la «transversalidad» de la propuesta, es decir, la integración de manera transversal de la temática expuesta a buena parte de las asignaturas del programa escolar. La ficha se deberá preparar por los profesores que se impliquen en cada temática y actividades concretas. En la propuesta que se hace, se considera la ficha algo muy operativo, que debe incluir los ítems y los objetivos principales que muestra la *Tabla 1*.

Ítem	Objetivos
<i>Temática</i>	Definir claramente la temática específica a estudiar; y enunciar las diferentes asignaturas que pueden estar involucradas en el desarrollo de esta, aunque pertenezcan a distintos niveles educativos.
<i>Enfoques desde las disciplinas</i>	Orientar las posibles actividades desde cada una de las asignaturas definidas en el párrafo anterior.
<i>Hacerlo en clase</i>	Indicar las actividades prácticas (generalmente construcción de prototipos de bajo costo, y experimentos de laboratorio) que puedan desarrollarse en cada clase (en una o varias asignaturas).
<i>Ejercicios</i>	Proponer ejercicios de acuerdo a la metodología planteada.
<i>Lecturas complementarias</i>	Recomendar lecturas complementarias para cada tema, las cuales podrán ser artículos de revistas divulgativas o científicas, escritos de los profesores de las asignaturas, extractos de libros, revistas, periódicos, etc.
<i>Bibliografía</i>	Escoger, revisar y recomendar bibliografía por parte del docente (no solo libros, artículos, sitios web, sino todo tipo de material, como recortes de prensa, películas, documentales, etc.) más acorde a los objetivos generales propuestos al definir cada temática.

*Tabla 1.* Propuesta de ficha para preparar entre los profesores

Como ejemplo de esta actividad, se puede preparar una ficha para la temática «energía eólica», y Biología, Física, Química, Lengua, Geografía e Historia, Ciencia y Tecnología y Sociedad pueden ser las asignaturas involucradas. Desde las diferentes disciplinas, los enfoques pueden ser: Biología: impacto de los vientos (fenómenos de «El Niño» y «La Niña»), erosión, la salud y los contaminantes del aire. Física: gases, presión atmosférica, efecto de Coriolis, velocidad y dirección de los vientos, nociones de meteorología. Química: el aire y sus componentes, contaminación y posibles soluciones, el ozono. Lengua Castellana (e idioma extranjero): redacción y análisis lingüístico de artículos sobre el tema. Geografía e Historia: la atmósfera,

los vientos y su clasificación, la humedad, ciclones, huracanes, y su influencia en el clima. Ubicar históricamente descubrimientos, leyes y aplicaciones (rosa de los vientos, molinos de viento, veletas). Personajes, contexto y situaciones históricas. Ciencia, Tecnología y Sociedad: turbinas, aerogeneradores, aplicaciones de la energía eólica en diferentes actividades humanas (rosa de los vientos, molinos de viento, etc.).

Finalmente, el ítem hacerlo en clase puede abordarse mediante la realización de prácticas: erosión y vegetación, ciclo del carbono (Biología); experimentos diversos con los componentes del aire, emisión de gases contaminantes, mediciones de acidez del agua (Química); leyes de los gases, convección natural y forzada, túnel de viento, rozamiento, medición de vientos (Física); análisis y resumen de la información obtenida en [http://www.accion-energia.es/sostenibilidad/educacion\\_ambiental.aspx](http://www.accion-energia.es/sostenibilidad/educacion_ambiental.aspx) (Lengua).

## CONCLUSIONES

La propuesta presenta un enfoque multi e interdisciplinar, como guía para el docente, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las energías renovables y temas relacionados en la educación media.

Puede emplearse en cualquier institución educativa, sin ceñirse a un plan curricular específico.

Puede abordarse en cualquier orden, y no requiere ser implementada en su totalidad.

No implica necesariamente el aumento de horas en las diferentes asignaturas; sugiere la creación de grupos de interés para complementar las temáticas.

Incentiva la construcción de dispositivos de bajo costo; fomenta el desarrollo de habilidades manuales del estudiante, propone el desarrollo de proyectos educativos.

La propuesta involucra al entorno del estudiante; analiza situaciones cotidianas; desarrolla prácticas para el aprendizaje activo. Fomenta la cooperación académica entre educadores.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Universidad Distrital de Bogotá, Colombia, y a la Universidad de Burgos, España, el apoyo institucional y financiero para la realización de este trabajo, como aplicación del convenio de colaboración entre ambas.



# INVESTIGACIÓN SOBRE ALGUNAS CONCEPCIONES QUE EL PROFESORADO EN ACTIVO Y EN FORMACIÓN MANTIENE EN RELACIÓN CON LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

Óscar Barberá Marco  
Cristina Sendra Mocholí

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales  
Facultad de Magisterio de la Universidad de Valencia*

José María Sanchis Borrás

*Departamento de Biología y Geología  
IES Les Alfábegues. Bétera (Valencia)  
sanbojo@alumni.uv.es*

**Palabras clave:** Evolución, concepciones, profesorado, encuesta, correlación.

**Keywords:** Evolution, conceptions, teachers, inquiry, correlation.

## Resumen

Los autores del presente trabajo decidieron utilizar algunas de las herramientas validadas desarrolladas en el proyecto de investigación europeo BIOHEAD-CITIZEN (2004-2008), dirigido a comprender cómo enriquecer diversos aspectos de la ciudadanía, incluyendo algunas de sus dimensiones afectivas y sociales, mediante una mejor educación en biología, medio ambiente y salud. Aquí se muestra una parte de los resultados relacionados con las concepciones de profesores y maestros con respecto a la evolución biológica y el origen de la especie humana. Las conclusiones, que apenas estamos comenzando a perfilar, pueden iluminar algunos importantes desafíos que enfrentan los sistemas educativos nacionales para mejorar las sociedades basadas en el conocimiento.

## Abstract

The authors of this study decided to take advantage of some validated instruments developed by the European research project known as BIOHEAD-CITIZEN (2004-2008), whose aim was to improve understanding of how different aspects of citizenship, including affective and social dimensions, are promoted through Biology, Health and Environmental Education. Here we discuss some results related with in service and pre service primary and secondary teachers about biological evolution and the origin of the

human species. The findings, which are just beginning to emerge, will lead to enlighten some challenges that face national educational systems in order to reinforce their knowledge-based societies.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto BIOHEAD-CITIZEN, financiado con fondos europeos (2004-2008), tuvo como objetivo comprender la manera de enriquecer diversos aspectos de la ciudadanía, incluyendo algunas de sus dimensiones afectivas y sociales, mediante una mejor educación en biología, medio ambiente y salud. Desarrolló herramientas diversas entre las que se incluyó un amplio cuestionario dirigido a maestros de Educación Primaria y profesores de Educación Secundaria de las áreas de lenguas y de ciencias, tanto en activo como en formación; fue coordinado desde las Universidades de Lyon I (Francia), de Minho (Portugal) y de Bayreuth (Alemania).<sup>1,2,3</sup> El cuestionario incluye 158 preguntas sobre reproducción humana y sexualidad, educación para la salud, ecología y educación ambiental, evolución biológica y origen de los humanos, genética humana y cerebro y su epigénesis, y 20 más de ámbito personal (sexo, edad, nivel de formación, religión, convicciones políticas); en las preguntas se podía indicar el acuerdo o desacuerdo con cuatro grados; otras eran de elección múltiple y unas pocas abiertas, dejando espacio para la exposición de los argumentos que el encuestado considerase oportunos. Ello permitía extraer algunas conclusiones sobre las ideas mantenidas y difundidas por el profesorado, así como establecer posibles correlaciones entre creencias, edades u otras variables e ideas. Como se tenían datos obtenidos en diversos países del mundo, podíamos establecer además una comparación entre ellos. Nuestro equipo decidió participar en el proyecto aportando los datos obtenidos a partir de las encuestas recogidas en nuestro país.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio estadístico (análisis de componentes principales, análisis de coherencia y análisis interclase)<sup>4</sup> de las respuestas a las preguntas del cuestionario relacionadas con la evolución biológica, en el que se establecieron sus correlaciones con las respuestas a las preguntas referidas al ámbito personal (edad, sexo, concepciones religiosas, sociales y políticas), con la intención de establecer relaciones en lo referido a la aceptación o rechazo del hecho evolutivo y de sus elementos relacionados.

Los datos recogidos en el proyecto han dado lugar a numerosas publicaciones en las que se muestra el grado de aceptación del hecho evolutivo y su relación con las creencias en diversos países de Europa, África, Oriente Medio, Australia y América.<sup>5,6,7,8</sup> En ellas la correlación más clara se da entre el rechazo a la evolución biológica y el mantenimiento de creencias religiosas de corte fundamentalista. La aplicación de la encuesta a docentes de nuestro país ha permitido que estos datos se hayan podido comparar con los del resto de países participantes, hasta hoy un total de 28, y

---

<sup>1</sup> CLÉMENT *ET AL.*, 2004.

<sup>2</sup> QUESSADA *ET AL.*, 2007.

<sup>3</sup> QUESSADA, 2008.

<sup>4</sup> LEBART *ET AL.*, 1995.

<sup>5</sup> QUESSADA *ET AL.*, 2007.

<sup>6</sup> CLÉMENT y QUESSADA, 2008.

<sup>7</sup> CLÉMENT y QUESSADA, 2008-A & B.

<sup>8</sup> CLÉMENT y QUESSADA, 2013.

nos ha permitido extraer una serie de conclusiones interesantes sobre el grado de aceptación de la evolución biológica entre los docentes españoles y las correlaciones con algunas variables estudiadas, bien relacionadas con el nivel de conocimientos, o con posicionamientos religiosos o ideológicos. A continuación exponemos algunos de los datos y conclusiones obtenidos hasta el momento.

1.- ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES DE LAS VARIABLES «EVOLUCIÓN».

El análisis de componentes principales (PCA) sintetiza un número importante de preguntas de manera que identifica entre las respuestas que a ellas se dan un conjunto limitado de pautas coherentes. Las preguntas, o variables, estudiadas fueron quince, y en el histograma de la *Figura 1* se muestran los diez primeros de sus valores principales (*eigenvalues*):

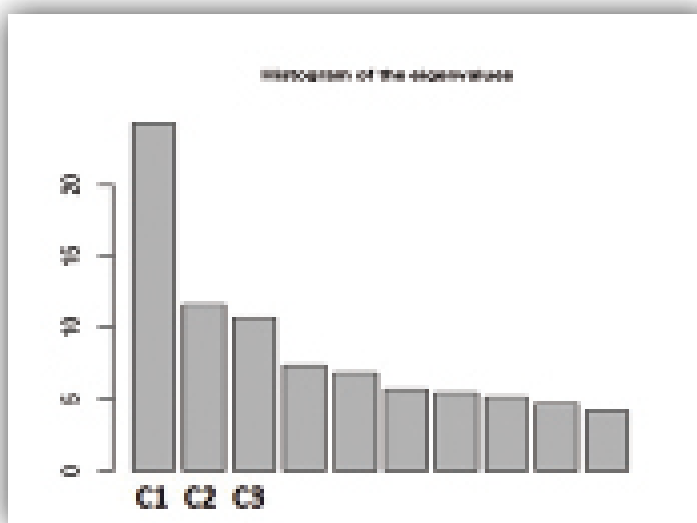


Figura 1. Histograma de los valores principales (*eigenvalues*)

Se puede leer en el gráfico que los resultados de las posibles correlaciones quedan lejos de una explicación azarosa (en ese caso las varianzas tomarían todos valores equivalentes, en nuestro estudio del 6,7% al haber trabajado con 15), ya que las tres primeras barras, que representan los tres componentes principales, toman valores muy superiores al 6,7%. El primer componente acapara él solo más del 25% de la varianza total, lo que significa que a él se deben la mayoría de las correlaciones que se establecen entre las respuestas proporcionadas por la muestra española. Cuando se representa (*Figura 2*) la divergencia entre las respuestas obtenidas tomando como ejes de representación (horizontal y vertical) estas componentes principales (cuyos valores para las tres primeras se muestran en la *Tabla 1*), se puede ver que las variables que estructuran el eje horizontal oponen visiones creacionistas (a la izquierda de la *Figura 2*) y evolucionistas (a su derecha); las variables que definen el eje vertical (debido a una componente principal mucho menos representativa que da cuenta de poco más del 11% de la varianza) se refieren a asuntos que podemos resumir como propios del nivel de conocimiento de los fenómenos biológicos, más concretamente de los relacionados con los procesos evolutivos.

Las variables se representan en el gráfico como segmentos orientados hacia la izquierda o la derecha sobre el eje horizontal o arriba o abajo sobre el vertical, en función de los valores de la varianza extraídos de las respuestas (*Tabla 1*). Ello permite extraer conclusiones acerca de sus relaciones con las variables principales: creacionismo-evolucionismo/conocimientos en el caso del plano definido por los ejes 1-2,

creacionismo-evolucionismo/finalismo-azar en el caso del plano definido por los ejes 1-3, o conocimientos/finalismo-azar en el caso del plano definido por los ejes 2-3.

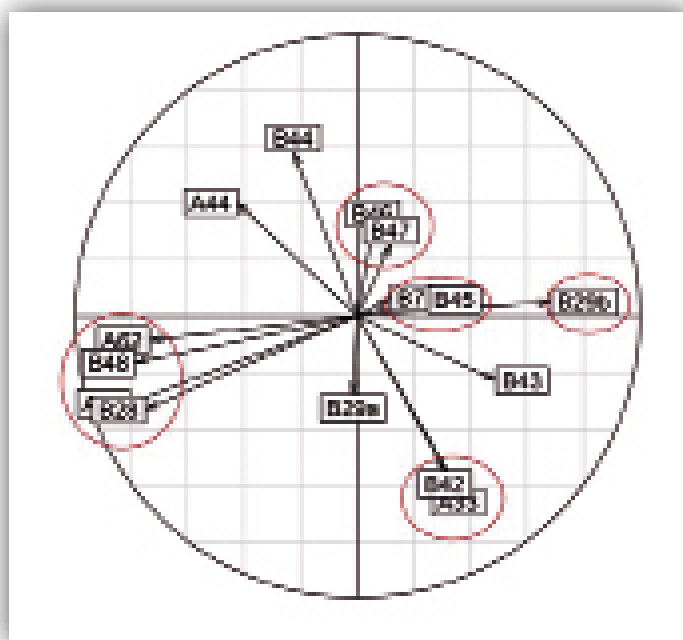


Figura 2. Círculo de correlaciones, plano 1-2-PCA.

Variable (preguntas)	Comp1	Comp2	Comp3
A64	-0,81	-0,31	0,08
B48	-0,79	-0,17	0,12
B28	-0,75	-0,33	0,04
A62	-0,74	-0,09	0,18
B29b	0,69	0,05	-0,20
B43	0,49	-0,23	0,11
A44	-0,42	0,40	-0,17
A33	0,36	-0,61	0,12
B42	0,31	-0,55	0,30
B45	0,25	0,06	0,46
B44	-0,23	0,59	0,15
B7	0,12	0,06	0,06
B47	0,12	0,26	0,73
B46	0,05	0,32	0,68
B29a	-0,02	-0,28	0,36

Tabla 1. Valores de las variables en los eigenvalues.

El peso de las respuestas a cada pregunta viene representado exclusivamente por la longitud de cada vector: cuanto más largo es más respuestas opuestas contiene, y cuanto más cercano al eje horizontal (eje 1) más exclusiva es la oposición que experimenta con respecto a ese componente (creacionismo-evolucionismo).

Se puede observar que el círculo de correlación obtenido a partir de las respuestas en España (Figura 2) muestra una elevada concentración en la parte izquierda del gráfico de las respuestas correspondientes a las preguntas A62, B48, B28 y A64, relacionadas con la aparición de los seres vivos sobre la Tierra, la importancia de la figura divina y el origen de la especie humana. Este desplazamiento hacia la izquierda determina el punto de vista creacionista.

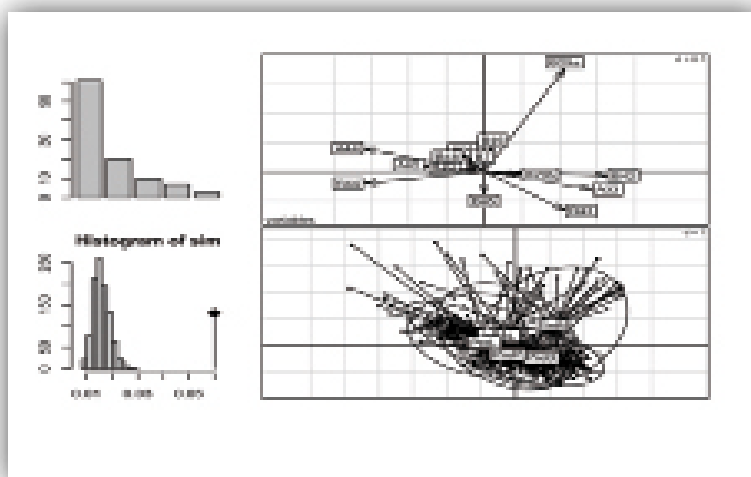
Por otro lado, observamos una concentración a la parte derecha del gráfico de las respuestas correspondientes a las preguntas B7, B45, B29b y B43 que se rela-

cionan con la proximidad entre el chimpancé y el ser humano, el posible rechazo al creacionismo y el papel de la selección natural y el medio.

## 2.- ANÁLISIS INTERCLASE

### 2.1.- Sobre grupos de profesorado

Después del análisis de componentes principales, recurrimos a un segundo tipo de análisis, el análisis interclase, un tipo de análisis discriminante con el que intentamos valorar la incidencia del grupo de profesorado sobre las ideas en relación con la evolución. Elaboramos un histograma que corresponde al Test de Montecarlo desarrollado a partir de varianzas obtenidas con la ayuda de 1000 simulaciones (*histogram of sim*). Cada simulación reorganiza los datos de forma aleatoria. Para cada una de ellas se calcula la varianza interclase que resulta. La reproducción del proceso en 1000 ocasiones permite presentar un histograma de organización aleatoria (la línea vertical rematada con un rombo en la *Figura 3*). Si el valor de la varianza observado es claramente diferente de aquellos obtenidos por dichas simulaciones, el análisis efectuado es significativo (sea en cuanto a las diferencias entre grupos para los análisis interclase, para los análisis de componentes principales con respecto a las variables instrumentales o para los análisis de coinerencia, que estudiaremos más adelante).



*Figura 3.* Análisis interclase sobre grupos de profesorado – España.

El test de Monte-Carlo (abajo, a la izquierda), muestra un efecto significativo del grupo de profesorado.

En la *Figura 3* se muestran superpuestos, por un lado, los gráficos correspondientes al histograma del PCA y al test de Monte-Carlo y, por otro, al círculo de correlación del PCA y al análisis exploratorio que da como resultado la nube de puntos.

A partir de la nube de puntos generada con las respuestas individuales, se dibuja una elipse que incluye la mayoría de los puntos y permite ubicar el espacio que ocupa el grupo dentro del sistema de ejes. Así, podemos establecer en qué medida la opinión predominante del grupo se inclina hacia una u otra opción en los ejes principales. En este caso, parece que hay una tendencia a que los grupos con formación más específica en biología y con mayor experiencia docente se inclinen hacia la opción evolucionista (derecha de la gráfica), seguidos por los de mayor formación específica sin experiencia, y por último encontraríamos los grupos de menor formación específica en biología con o sin experiencia, con elipses prácticamente superpuestas.

La conclusión a la que nos conducen estos datos es que la formación específica en biología facilita la aceptación de la teoría evolutiva por el mayor conocimiento de los procedimientos de la ciencia.



## 2.2.- Análisis interclase sobre religiones

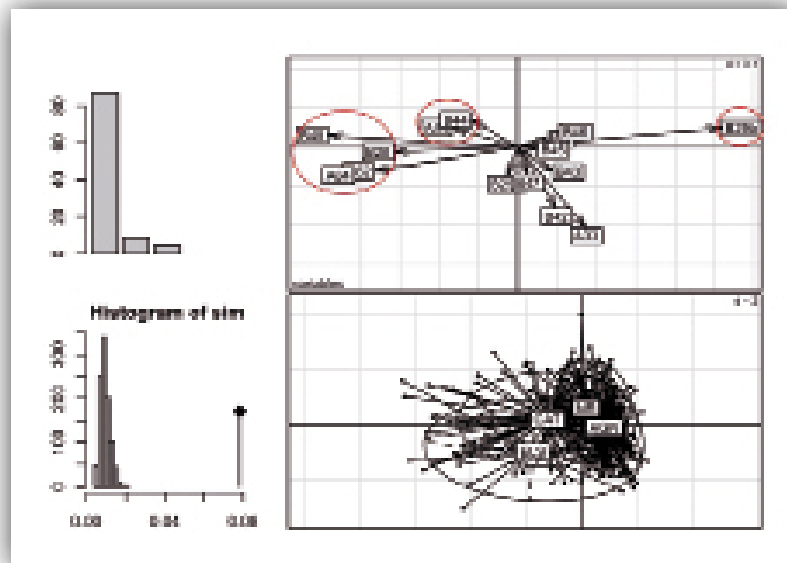


Figura 4. Test de Monte-Carlo. Análisis interclase sobre religiones. Significativo para España.

El estudio comparativo para grupos de distintas opciones religiosas muestra que el grado de aceptación de la evolución biológica va incrementándose a medida que nos vamos desplazando desde las religiones distintas a la católica, pasando por esta última, el grupo que declina responder a la pregunta sobre su opción religiosa y, por último, aquellos que se declaran agnósticos, que es el grupo que más se inclina por la aceptación de la evolución (Figura 4).

En este caso, al intentar establecer correlaciones entre segmentos correspondientes a preguntas del cuestionario y creencias, nos encontramos con que las elipses que se establecen a partir de la mayoría de puntos de cada grupo se encuentran centradas, en el caso de NR (no responden) y agnósticos, con una ligera desviación de estos últimos hacia la derecha y la parte inferior; mientras que católicos y creyentes de otras religiones (ELS) se encontrarían desplazados hacia la izquierda, más en este último caso que, además, define una elipse de mayor tamaño, lo que indica que se da una mayor dispersión en sus respuestas. En el caso de los agnósticos, podríamos afirmar que se correlacionan de una forma bastante clara con el segmento correspondiente a la pregunta 29b, relativa al rechazo del creacionismo. Por otro lado, encontramos un grupo elevado de preguntas que se concentran en el centro del gráfico, zona que abarca todas las elipses correspondientes a las distintas creencias, si bien las preguntas B46 (referida a los transposones) y B7 (sobre la inclusión del chimpancé en el género *Homo*) no se encontrarían en el espacio que ocupa la elipse correspondiente a las creencias no católicas. Este grupo sí se aproximaría, más que el resto, al espacio ocupado por los segmentos correspondientes a las preguntas B28 (origen de la especie humana), B48 (importancia de Dios en la evolución), B62 (Adán y Eva) y B64 (origen de la vida). En cuanto al grupo de católicos, abarcaría más claramente que el resto el espacio correspondiente a los segmentos de las preguntas A44 y B44, que valoran la opinión en cuanto a la finalidad de los procesos biológicos.

## 3.- Análisis interclase sobre grupos de profesorado tras PCAIV sobre religiones.

El efecto de la religión se ha suprimido por un PCAIV (*Principal component analysis with respect to instrumental variables*). El efecto residual de los grupos de profesores se ha valorado entonces mediante un análisis interclase.

Cuando suprimimos sobre los grupos de profesorado el efecto de la religión y procedemos a realizar de nuevo un análisis interclase, podemos observar una diferencia, si bien menor, entre los grupos con formación específica en biología y aquellos que no la han recibido (Figura 5).

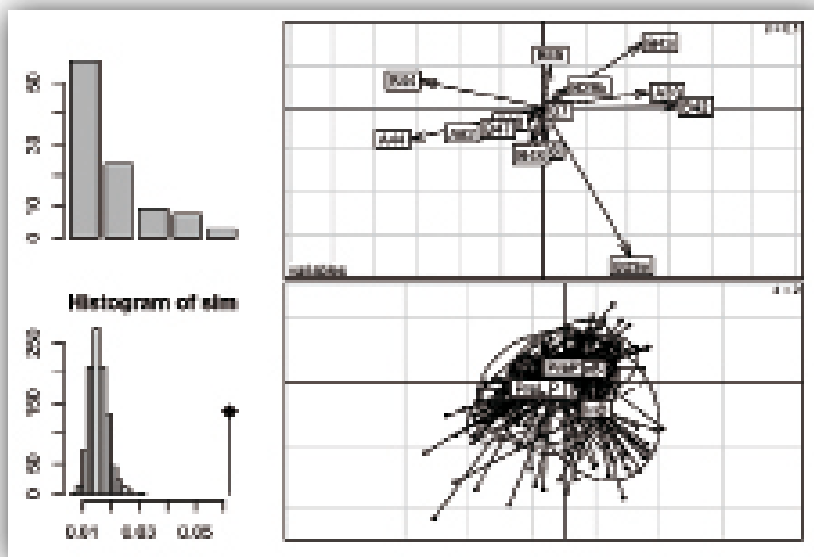


Figura 5. Análisis interclase sobre grupos de profesorado tras PCAIV sobre religiones.

#### 4.- Análisis interclase sobre religiones tras PCAIV sobre grupos de profesorado.

Tras suprimir el efecto de los grupos de profesorado por PCAIV, el efecto residual de la religión se ha valorado posteriormente de nuevo mediante un análisis interclase o de profesorado. En este caso, volvemos a observar que el peso de la religión resulta fundamental a la hora de la elección de una opción con respecto a la evolución biológica. La correlación con los segmentos de las diversas preguntas también se mantiene (Figura 6).

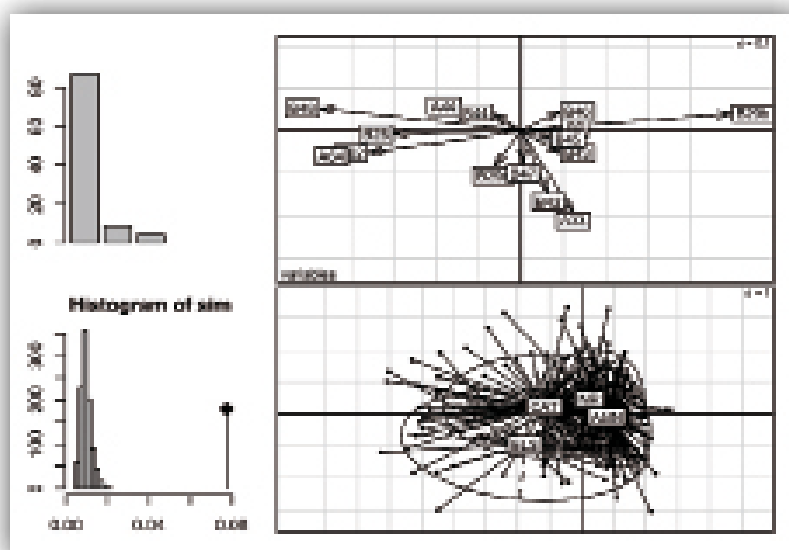


Figura 6. Análisis interclase sobre religiones tras PCAIV sobre grupos de profesorado.

### 3.- ANÁLISIS DE COINERCIAS: VARIABLES EVOLUTIVAS/VARIABLES «POLÍTICAS»

Las llamadas variables «políticas» se corresponden con aquellas preguntas del cuestionario en las que el encuestado manifiesta una postura asociada a opciones de tipo más ideológico. Dichas preguntas se corresponden con los números: A34, A37, A42, A48, A51, P9, P10, P11, P12a, P12b, A56a, A56b, A56c.

En el análisis de coinerCIA que combina el análisis de componentes principales sobre evolución y el de los parámetros personales, podemos observar cómo se da una correlación entre los parámetros personales relacionados con las preguntas sobre creencias (P12a) y prácticas religiosas (P12b) y las concepciones creacionistas (cuestiones B48, B28, A64, A62 y B29a), mientras que las cuestiones relacionadas con la separación entre ciencia y religión (A51) o religión y política (A437) presentan correlación con la cuestión sobre aceptación de la evolución (B29b) (Figura 7).

Las gráficas resultantes del análisis interclase se muestran en la Figura 7:

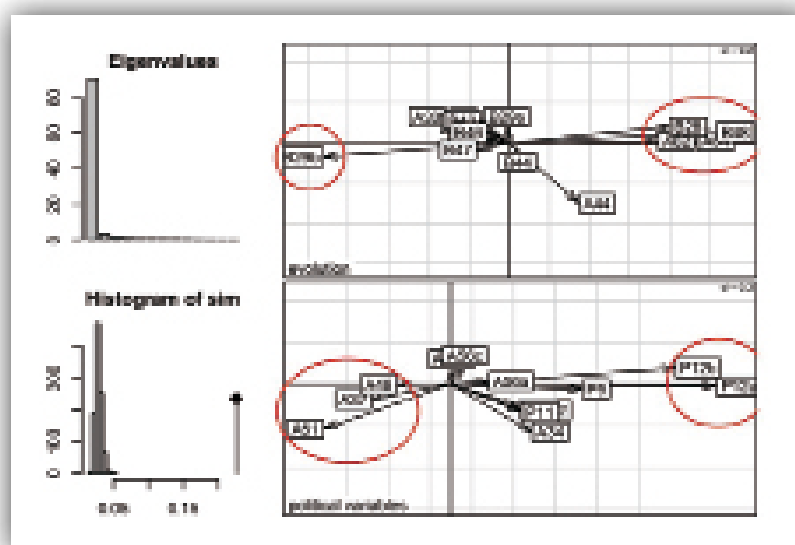


Figura 7. Análisis de coinerCIA entre variables «políticas» y evolución: significativo para España.

Otros análisis resultaron no significativos. Tal es el caso de: análisis interclase sobre género tras PCAIV sobre grupos de profesorado, análisis interclase sobre el nivel de cualificación, análisis interclase sobre clases de edad. Por lo tanto, el género, el nivel de cualificación o la edad no se consideran, de acuerdo con los datos obtenidos en nuestra encuesta, significativos en relación con las variables que estudiamos.

Se observa, además, una clara correlación entre las llamadas «variables políticas» y la aceptación o rechazo de la evolución biológica, situándose aquellos encuestados con mayor preferencia por la gestión privada de los servicios, un nivel bajo de sensibilización por el medio ambiente y un elevado nivel de práctica religiosa.

#### Comparativa con otros países

Para comparar los resultados obtenidos en nuestro país con el de otros incluidos en el estudio más amplio, recurrimos a una representación en forma de nube de puntos a partir de las respuestas individuales, generando una elipse por cada país que agrupaba la mayoría de los puntos, lo que permitía situar a cada país en el eje evolucionismo-creacionismo. Para el caso de nuestro país, al no encontrarse incluido en los últimos estudios citados, únicamente se puede recurrir a la comparativa con Francia, de la que sí disponemos y, en función de ella, intentar situar nuestro país en la gráfica elaborada en estudios anteriores en función de su posición con respecto a Francia.

La nube de puntos resultante para España y Francia, tanto en relación con la evolución como en lo que respecta a las variables «políticas», muestra una superposición casi total, por lo que los resultados para ambos países se pueden considerar extrapolables (Figura 8).

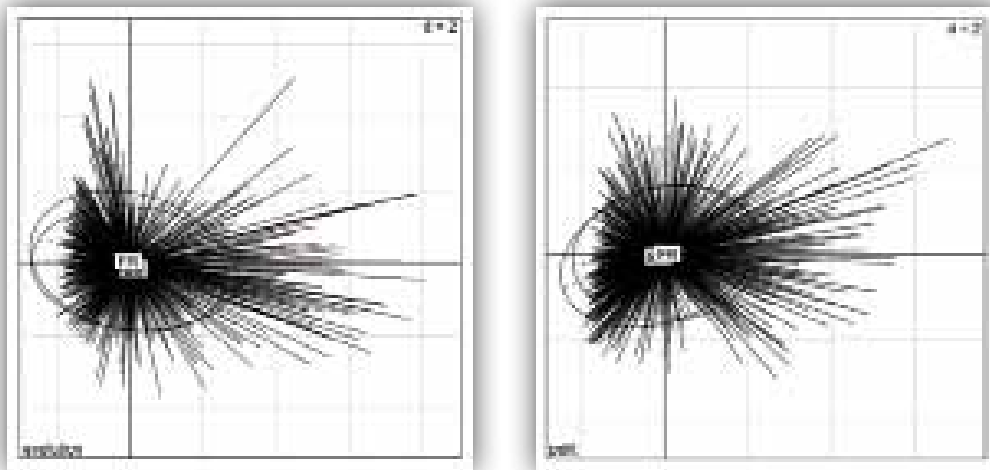


Figura 8. Nube de puntos en relación con la evolución (izquierda) y con las variables políticas (derecha), que muestra la coincidencia casi absoluta entre ambos estudios.

Ello nos permite situar a nuestro país en la nube de puntos elaborada en estudios anteriores,<sup>9</sup> que se muestra a continuación (Figura 9), ya que ocupará un lugar prácticamente idéntico al de Francia, a la izquierda; por tanto, en la gráfica, ello implica posturas proevolucionistas en un grado mayor que en otros países.

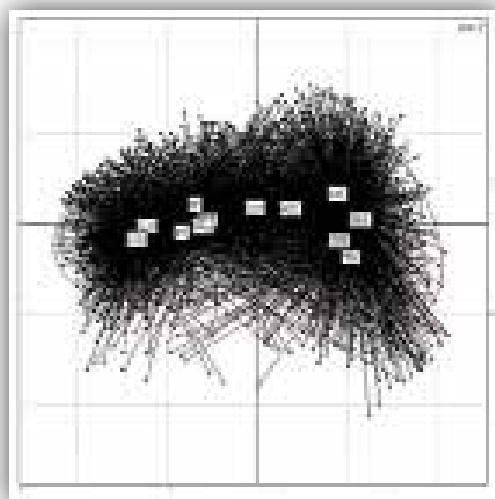


Figura 9. Representación de los individuos en el primer plano (D1, D2) del análisis discriminante examinando la variación de las concepciones sobre la evolución entre países. Cada individuo corresponde a un punto. Los individuos se agrupan por país, constituyendo una elipse y uniendo cada individuo mediante un trazo al centroide de su grupo. (12 países). TN = Túnez, SN = Senegal, MA = Marruecos, LB = Líbano, RO = Rumanía, CY = Chipre, HU = Hungría (enmascarada por PT), PT = Portugal, IT = Italia, FI = Finlandia, ES = Estonia, FR = Francia.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> QUESSADA, 2008.

<sup>10</sup> MUÑOZ ET AL., 2007.

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De acuerdo con los datos obtenidos a partir del estudio, se puede observar una correlación positiva entre aceptación o rechazo del hecho evolutivo y práctica religiosa, así como una mayor aceptación entre profesorado con formación específica en biología, si bien este efecto resulta menor que el de la religión. También, al estudiar la correlación entre respuestas a preguntas en relación con la evolución y aquellas correspondientes al cuestionario personal, se observa que el rechazo a la evolución se da entre encuestados que se inclinan por una gestión privada de los servicios públicos y una baja preocupación por el medio ambiente. Por otro lado, al comparar los resultados para nuestro país con los obtenidos con el mismo cuestionario para otros, el nuestro se situaría entre los que más aceptan la evolución. Otro tema a considerar sería el conocimiento correcto de los supuestos evolutivos, concretamente respecto del tema del finalismo, del que ya se han publicado datos con respecto a otros países<sup>11</sup> a los que se añadirán los obtenidos en el nuestro, permitiéndonos establecer comparaciones también en relación con este aspecto. También habría que considerar el conocimiento que poseen los docentes en cuanto a los conceptos que se relacionan con la evolución biológica. De todo ello se han obtenido datos que podrán ser analizados más detenidamente en futuros estudios y contribuirán a la adquisición de una visión general sobre cuál es el nivel de preparación de nuestros docentes y, por extensión, los de los países de nuestro entorno en relación con la evolución biológica. Aquí entraría también la valoración de la situación en cuanto a la formación, que, como muestran anteriores estudios, no se corresponde con lo que sería deseable, ni siquiera a nivel de formación de especialistas en biología. Ello provoca que, si bien se da una elevada aceptación de la evolución, es posible que se desconozca gran parte de los postulados de la teoría, lo que convertiría dicha aceptación más en una creencia que en una decisión basada en el conocimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- CARVALHO, G. S., CLÉMENT, P., BOGNER, F., CARAVITA, S. (2008). *BIOHEAD-CITIZEN, Report 7/03/2008*, European Commission building, Bruselas. (<http://cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/124856931EN6.pdf>).
- CASTÉRA, J., CLÉMENT, P. (2014). Teachers' Conceptions About the Genetic Determinism of Human Behaviour: A Survey in 23 Countries. *Science & Education* 23: 417-443.
- CLÉMENT, P. (2004). Science et idéologie: exemples en didactique et épistémologie de la biologie. *Actes du Colloque: Sciences, médias et société*, Lyon, Francia, 15-17 junio 2004. ENS-LSH, pp. 53-69. <http://sciences-medias.ens-lsh.fr>
- CLÉMENT, P., LAURENT, C., CASTÉRA, J. y QUESSADA, M. P. (2008a). Conceptions d'enseignants et futurs enseignants français et de six pays de la francophonie sur quelques questions vives de biologie (Algérie, Burkina Faso, France, Liban, Maroc, Sénégal, Tunisie). *Colloque A.U.F.: Enjeux dans la rénovation de l'enseignement de l'éducation à l'environnement et à la biologie*. Université Senghor, Alejandría, Egipto, 21 y 22 abril.
- CLÉMENT, P., QUESSADA, M. P., MUÑOZ, F., LAURENT, C., VALENTE, A., CARVALHO, G. (2008b). Creationist conceptions of teachers across nineteen countries, en *Contemporary Science Education Research: International Perspectives* (M. F. Tasar y G. Çakmakçı, eds.). Ankara, Turquía, Pegem Akademi, pp. 447-452.
- CLÉMENT, P., QUESSADA, M. P. (2013). Les conceptions sur l'évolution biologique d'enseignants du primaire et du secondaire dans 28 pays varient selon leur pays et selon leur niveau d'étude. *Actes du Congrès de l'Actualité de la Recherche en Éducation et Formation (AREF-AECSE)*, Laboratoire LIRDEF-EA 3749, Universités de Montpellier, agosto 2013. (<http://www.aref2013.univ-montp2.fr/cod6/sites/default/files/188:3-Clément-Quessada.pdf>).
- LEBART, L., MORINEAU, A., PIRON, M. (1995). *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Dunod, París.
- MUNOZ, F., QUESSADA, M. P., CLÉMENT, P. (2007). Des analyses statistiques multi variées pour traiter les données issues de questionnaires: conceptions d'enseignants et de futurs enseignants de douze pays sur l'évolution. *Rencontres ARDIST*, La Grande Motte (Francia), 17-19 octobre.

<sup>11</sup> Castera y Clément, 2014.

QUESSADA, M. P., MUÑOZ, F., CLÉMENT, P. (2007). Les conceptions sur l'évolution biologique d'enseignants du primaire et du secondaire de douze pays (Afrique, Europe et Moyen Orient) varient selon leur niveau d'étude. *Actualité de la Recherche en Education et en Formation*, Estrasburgo, 28-31 agosto.

QUESSADA, M. P. (2008). *L'enseignement des origines d'Homo sapiens, hier et aujourd'hui, en France et ailleurs: programmes, manuels scolaires, conceptions des enseignants*. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Montpellier II en Sciences de l'Education, option Didactique de la biologie (24/11/2008), Pierre CLÉMENT (Dir.)



# LOS PREMIOS NOBEL Y LA CRISTALOGRAFÍA. PROPUESTA DIDÁCTICA EN EL AULA

M. Araceli Calvo Pascual

*Grupo de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física  
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense. 28040 Madrid  
Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Formación de Profesorado y Educación,  
Universidad Autónoma de Madrid c/ Francisco Tomás y Valiente 3  
Ciudad Universitaria de Cantoblanco. 28049 Madrid  
araceli.calvo@uam.es*

Manuela Martín Sánchez

*Grupo de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física  
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense. 28040 Madrid*

**Palabras clave:** Cristalografía, enseñanza de la física, enseñanza de la química, historia de la ciencia, premios Nobel.

**Keywords:** Crystallography, Physics Teaching, Chemistry Teaching, History of Science, Nobel Prizes.

## Resumen

En este trabajo se muestra una actividad para conmemorar el Año Internacional de la Cristalografía, que consiste en homenajear en el aula a las personas que han ganado un premio Nobel por sus logros científicos directamente relacionados con esta ciencia, o que han requerido la utilización de métodos y técnicas cristalográficas.

En primer lugar se presentan los premios Nobel agrupados en tres bloques, según los hallazgos que supuso el premio, y, a continuación, la propuesta didáctica con los recursos recomendados y la metodología a aplicar:

La actividad es adecuada para trabajar con alumnos de segundo ciclo de ESO o de Bachillerato.

## Abstract

This paper shows an activity to commemorate the International Year of the Crystallography that consists of honouring in the classroom the persons who have gained a Nobel Prize for their scientific achievements directly related to the crystallography, or that have needed the utilization of crystallographic methods and technologies.



Firstly, Nobel Prizes are presented into three groups by award-winning discovery. Subsequently the teaching proposal is presented with the educational resources to perform the activity and the methodology to be applied.

The activity can be useful for teachers in secondary, to work with students in the second cycle of ESO or High School.

## INTRODUCCIÓN

La Asamblea General de las Naciones Unidas decidió en julio de 2012 declarar el año 2014 como el Año Internacional de la Cristalografía,<sup>1</sup> coincidiendo con la celebración del centenario de la concesión del Premio Nobel de Física a Max von Laue, por el descubrimiento de la difracción de rayos X en cristales.

Tomando como referencia la información dada por la Unión Internacional de Cristalografía en su página web<sup>2</sup>, se han concedido 29 Premios Nobel a 49 científicos por sus logros directamente relacionados con la cristalografía, o que han requerido la utilización de métodos y técnicas cristalográficas.

Por otra parte, queda clara la importancia de la cristalografía si se tiene en cuenta que gracias a ella se han podido desvelar aspectos esenciales sobre la estructura de la materia.

Consideramos que llevar a cabo una actividad en el aula con la que se puede celebrar este evento y homenajear a todas las personas que han ganado un premio Nobel vinculado a la cristalografía puede ser motivador tanto para alumnos como para profesores.

Los alumnos, que están acostumbrados a ver en sus momentos de ocio actos de entrega de premios de música, de cine, de fútbol... a los que se les da mucha más difusión en los medios de comunicación que a los Premios Nobel (especialmente los correspondientes a ámbitos científicos), pueden mostrar interés por una actividad basada en el acto de entrega de los Nobel.

Además, los alumnos pueden aprender y/o relacionar contenidos trabajados de modo independiente, incluso en materias distintas, pero con el nexo común de la ciencia multidisciplinar que es la cristalografía, y estudiarlos a través de los científicos que los desarrollaron.

Se propone su implementación en segundo ciclo de ESO y Bachillerato.

## PREMIOS NOBEL SELECCIONADOS

Debido al alto número de premios Nobel relacionados con la cristalografía, para nuestro trabajo hemos seleccionado solo algunos de ellos, que los hemos considerado más directamente implicados en este tema por haber descubierto una técnica nueva o haber resuelto, utilizando la cristalografía, estructuras que ya se conocían hace tiempo. Por eso nos centraremos en los Premios Nobel de Física de 1914, 1915, 1937, 1991 y 1994, los de Química de 1936, 1962, 1964, 1982, 1985 y 2011, y el de Fisiología o Medicina de 1962. Añadiremos a este trabajo dos casos especiales de científicos de prestigio reconocido: John Desmond Bernal y Rosalind Elsie Franklin, que por varios motivos no llegaron a premios Nobel pero fueron piezas fundamentales en estos descubrimientos.

Se los mostraremos a los estudiantes agrupados en tres bloques según los hallazgos que supuso el premio Nobel.

<sup>1</sup> [www.iycr2014.org](http://www.iycr2014.org), consultada 10/9/2014.

<sup>2</sup> [www.iucr.org/people/nobel-prize](http://www.iucr.org/people/nobel-prize), consultada 10/9/2014.

1. Premios Nobel que se concedieron por haber encontrado una técnica nueva que permitió conocer la estructura de los cristales (*Tabla 1*):

Año	Premio Nobel	Premiados	Técnica
1914	Física	Max von Laue	Difracción de rayos X
1915	Física	William Henry Bragg William Lawrence Bragg	Espectrometría de rayos X
1936	Química	Petrus (Peter) Josephus Wilhelmus Debye	Estructura molecular a través del momento dipolar y la difracción de rayos X
1937	Física	Clinton Joseph Davisson George Paget Thomson	Difracción de electrones
1985	Química	Herbert A. Hauptman Jerome Karle	Métodos indirectos
1994	Física	Bertrand N. Brockhouse Clifford G. Shull	Espectroscopía de difracción de neutrones

*Tabla 1.* Premios Nobel concedidos por el descubrimiento de una nueva técnica.

2A. Premios Nobel concedidos por descubrir la estructura de compuestos bioquímicos (*Tabla 2*):

Año	Premio Nobel	Premiados	Estructura descubierta
1962	Fisiología o Medicina	Francis H. Compton Crick James Ewey Watson Maurice Frederick Wilkins	Ácidos nucleicos
1962	Química	Max Ferdinand Perutz John Cowdery Kendrew*	Proteínas y globulinas
1964	Química	Dorothy C. Hodgkin	Colesterol, penicilina, insulina, vitamina B12
1982	Química	Aaron Klug	Complejo ácido nucleico-proteínas
* John Desmond Bernal y Rosalind Elsie Franklin, por varios motivos, no llegaron a ser premios nobel, pero fueron piezas fundamentales en estos descubrimientos.			

*Tabla 2.* Premios Nobel concedidos por el descubrimiento de la estructura de compuestos bioquímicos y científicos fundamentales en los descubrimientos que no fueron galardonados.

2B. Premios Nobel que se concedieron por descubrir otras estructuras (*Tabla 3*):

Año	Premio Nobel	Premiados	Estructura descubierta
Física	1991	Pierre-Gilles de Gennes	Cristales líquidos y polímeros
Química	2011	Dan Shechtman	Cuasicristales

*Tabla 3.* Premios Nobel concedidos por el descubrimiento de otras estructuras.

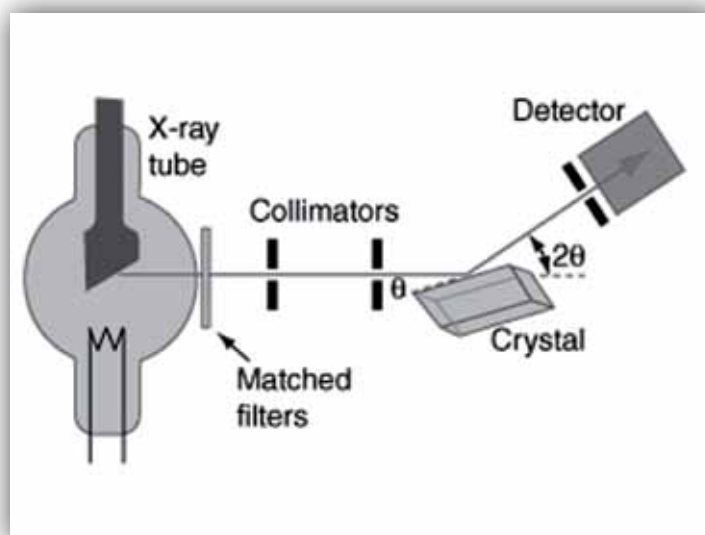
## PREMIOS NOBEL CONCEDIDOS POR DESCUBRIR UNA TÉCNICA NUEVA

Max Theodor Félix von Laue (1879-1960) (*Figura 1*) comenzó a trabajar con los rayos X, buscando alguna forma de demostrar que eran una onda, y para ello necesitaba comprobar que se difractaban. Se dio cuenta de que no era necesario construir una rejilla nueva porque seguro que un cristal cumplía las condiciones adecuadas. En 1912, dos de sus ayudantes, Walter Friederich (1883-1968) y Paul Knipping, al hacer incidir los rayos X sobre un cristal de sulfato de cobre (II), encontraron las figuras de difracción deseadas. A Roentgen y Sommerfeld aquellas fotografías les parecieron impresionantes y a Laue le costó interpretarlas pero lo logró.<sup>3</sup>



*Figura 1.* Max von Laue y la primera muestra de la difracción de rayos X sobre un cristal de sulfato de cobre (II).  
En Willmott, P. (2011). *An Introduction to Synchrotron Radiation. Techniques and Applications.*  
Reino Unido, John Wiley and Sons. [wiley-vch.e-bookshelf.de](http://wiley-vch.e-bookshelf.de)

William Henry Bragg (1862-1942) y su hijo William Lawrence Bragg (1890-1971) consiguieron unas imágenes mucho más nítidas mediante un dispositivo, ideado por el hijo, que conseguía rayos X de un rango muy pequeño de longitudes de onda, llegando así al espectrómetro de rayos X (*Figura 2*).



*Figura 2.* Espectrómetro de Bragg.  
En <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/bragg.html>

<sup>3</sup> SÁNCHEZ RON, J. M. (2005). *Historia de la Física Cuántica*, Barcelona. Crítica.

Por otra parte, el padre se dio cuenta de que el fenómeno se podía considerar como una reflexión por los sucesivos planos paralelos del cristal, lo que le permitió un simple cálculo matemático a partir del ángulo de reflexión.

En la Segunda Reunión Solvay de Física sobre «Estructura de la Materia», que tuvo lugar en 1913 en Bruselas, una de las intervenciones fue de Laue sobre «*Los fenómenos de interferencia de los rayos Roentgen producidos por los cristales tridimensionales*» y otra de Lawrence Bragg acerca de «*La reflexión de Rayos X y el espectrómetro de rayos X*».<sup>4</sup>

Laue fue Premio Nobel de Física 1914 y los Bragg lo fueron en 1915.

En la página de los Premios Nobel solo aparece la conferencia de William Lawrence Bragg, que fue en 1922, en lugar de en 1915; el retraso está relacionado con la Primera Guerra Mundial. No hemos encontrado la explicación por la que Bragg padre no dio la conferencia.

En 1936 fue Premio Nobel de Química Petrus (Peter) Josephus Wilhelmus Debye (1884-1966), porque descubrió que las moléculas de los gases y de los líquidos también producen interferencias con los rayos X y los rayos de electrones, desarrollando un método para la determinación de la estructura de las moléculas. Se dio cuenta de que si la sustancia se coloca dentro del campo eléctrico creado por las placas de un condensador; el núcleo positivo se desplaza en relación a la nube de electrones que, como consecuencia, se deforma, por lo que la posición del átomo en la molécula es afectada, la distribución de la carga es asimétrica y el campo tiende a orientarla, la molécula posee un «momento dipolar». El efecto del campo eléctrico se puede aplicar a gases y también a disoluciones muy diluidas en disolventes no polares (SÁNCHEZ RON, 2005, p. 4).

En 1937 recibieron el Nobel de Física Clinton Joseph Davisson (1881-1958) y George Paget Thomson (1892-1975).

Davisson en 1926, antes de que de Broglie formulara su teoría de dualidad corpúsculo-onda, ya trabajaba con un rayo de electrones, y unos años después comprobó la difracción de los rayos de electrones al atravesar los cristales. Como indica Thomson, en la conferencia de entrega de los Premios Nobel, tiene un especial interés la difracción de los electrones para estudiar las superficies porque permite determinar la disposición de los átomos en una gran variedad de sólidos e incluso líquidos. Los rayos X son muy penetrantes, y cualquier estructura peculiar de la superficie de un cuerpo probablemente pasa desapercibida. Los electrones solo afectan a capas de unos pocos átomos o, como mucho, de decenas de átomos de espesor; y así son eminentemente adecuados para el propósito de estudiar la superficie. La posición de los haces difractados de una superficie nos permite, al menos en muchos casos, determinar la disposición de los átomos en la superficie.<sup>5,6</sup>

El Nobel de Química de 1985 fue para Herbert A. Hauptman (1917-2011) y Jerome Karle (1918-2013) por el desarrollo de métodos directos para la determinación de la estructura de los cristales. Ambos, en la conferencia de recepción del Premio Nobel, hacen un estudio exhaustivo desde el punto de vista matemático de los métodos directos para obtener la estructura correcta de un cristal, que excede de los conocimientos de nuestros alumnos, por lo que les facilitaríamos las opiniones de Giacobozzo,<sup>7</sup> que indi-

<sup>4</sup> GOLDSCHMIDT, R., BROGLIE, M. D., LINDEMANN, F. (eds.) (1921). *La structure de la matière. Rapports et discussions du Conseil de Physique tenu à Bruxelles du 27 au 31 octobre 1913 sous les auspices de l'Institut International de Physique Solvay*. París, Solvay Institute, Edit. Gauthier y Villars, pp. 75-112 y 113-140.

<sup>5</sup> *Nobel Lectures, Physics 1922-1941*, (1965) Amsterdam, Elsevier Publishing Company.

<sup>6</sup> BRU, L. (1982). *Cincuenta años de difracción y microscopía electrónica*, Aula de Cultura Científica, E.T.S. Ingenieros de caminos, Universidad de Santander, n.º 11.

<sup>7</sup> GIACOVAZZO, C. (2011). Obituario de Hauptman (1917-2011) *Nature*, vol. 479, p. 300.

ca de un forma muy resumida en qué consiste el método directo descubierto uniendo las destrezas matemáticas de Hauptman y los conocimientos químicos físicos de Karle. Por otra parte, también es interesante el obituario que García Ruiz<sup>8</sup> hace de Karle, donde explica que ninguno de los dos Premios Nobel hizo cristalizaciones, que fue Isabella Karle, (Isabella Helen Lugoski nacida en 1921), la esposa de Jerome, la que llevó al terreno práctico las complicadas formulaciones y logró resolver algunas estructuras de moléculas como esteroides, alcaloides y toxinas, demostrando la utilidad de la solución matemática propuesta por su esposo y por Hauptman, en la que, por cierto, pocos creían.

En 1994 Bertrand N. Brockhouse y Clifford G. Shull consiguen el Premio Nobel de Física por la aplicación de una nueva técnica: la «espectroscopía de neutrones». El neutrón, al ser una partícula neutra, penetra en la materia sin ningún problema, y a la temperatura ordinaria los neutrones lentos tienen una longitud de onda del tamaño de las redes cristalinas. Diseñaron un espectrómetro de neutrones de triple eje: en un eje tiene un cristal que selecciona la energía de los neutrones que entran, en el segundo colocan la muestra y en el tercero se analiza la energía del neutrón dispersado. Esta técnica ha sido fundamental para avanzar en todos los problemas de la superconductividad.<sup>9</sup>

## 2A. PREMIOS NOBEL POR DESCUBRIR LA ESTRUCTURA DE COMPUESTOS BIOQUÍMICOS

Los Premios Nobel en 1962, 1964 y 1982 no se concedieron por descubrir nuevas técnicas de cristalografía sino por descubrir, mediante las técnicas conocidas, la estructura de macromoléculas muy importantes en Bioquímica.

En 1962 el premio Nobel de Fisiología o Medicina fue para Francis Crick (1916-2004), James Watson (1928) y Maurice Wilkins (1916-2004) y el Nobel de Química para Max Ferdinand Perutz (1914-2002) y John Cowdery Kendrew (1917-1997). En 1964 el Nobel de Química fue para Dorothy Crowfoot Hodgkin (1910-1994) y en 1982 para Aaron Klug.

Perutz, cuyo centenario del nacimiento se celebra este año, en la conferencia de recepción del Premio Nobel, explica cómo es transportado el oxígeno por la hemoglobina, que tiene cuatro átomos de hierro con número de oxidación 2+, y algo similar sucede cuando los átomos de hierro, ya de número de oxidación 3+, ceden el oxígeno. El dióxido de carbono se toma por la desaparición de un grupo ácido de cada cuarta molécula de hemoglobina cuando cede el oxígeno. Hicieron estudios de la estructura tridimensional de la hemoglobina mediante rayos X, de la oxihemoglobina de un caballo y de la hemoglobina reducida de un hombre.<sup>10</sup>

Kendrew hace referencia a cómo llegaron a la estructura tridimensional de la mioglobina.<sup>11</sup>

Según dice A. Engström, profesor del Royal Caroline Institute, en la ceremonia de presentación de los Premios Nobel de Fisiología o Medicina de 1962,<sup>12</sup> Crick, Watson y Wilkins fueron Premios Nobel por descubrir la estructura molecular del ácido desoxirribonucleico (ADN), descubrimiento de extrema importancia porque incluye la sustancia responsable del código hereditario. La formulación de una estructura de doble hélice con pares específicos de bases orgánicas permite explicar la herencia. El ADN es un polímero en el cual unos bloques de azúcar, fosfato y bases nitrogenadas se repiten continuamente. Son

<sup>8</sup> GARCÍA RUIZ, J. M. (2013). Jerome Karle, descifrador de cristales, *El País*, 25 de Julio.

<sup>9</sup> TIMUSK BERTRANM, T. (2003). Brockhouse, N. (1918-2003), *Nature*, Vol. 426, 11 de diciembre, p. 617.

<sup>10</sup> PERUTZ, M. (1962). X-ray analysis of haemoglobin, *Nobel Lecture*, diciembre 11, <http://www.nobelprize.org/>

<sup>11</sup> KENDREW, J. C. (1962). Myoglobin and the structure of proteins, *Nobel Lecture*, December 11. <http://www.nobelprize.org/> Visitada 9/9/ 2014.

<sup>12</sup> ENGSTRÖM, A. (1962). *Presentation Speech The Nobel Prize in Physiology or Medicine*, en <http://www.nobelprize.org/> Visitada 9/9/2014.

la misma azúcar, el mismo fosfato y cuatro bases nitrogenadas distintas, y fue el descubrimiento de cómo estos bloques están acoplados entre sí formando una doble hélice lo que les valió el Premio Nobel. Las Figuras de difracción de rayos X las obtuvieron Wilkins y Rosalind Franklin según especifica el primero en la conferencia de recepción del Nobel.<sup>13</sup> Las claves de esa estructura molecular fueron descubiertas por Watson y Crick; si las bases del ADN estaban unidas con pares de enlaces de hidrógeno, las dimensiones de los pares de adenina y timina, y de guanina y citosina eran idénticas, lo que significaría que la molécula de ADN sería regular a pesar de que las bases sean distintas.

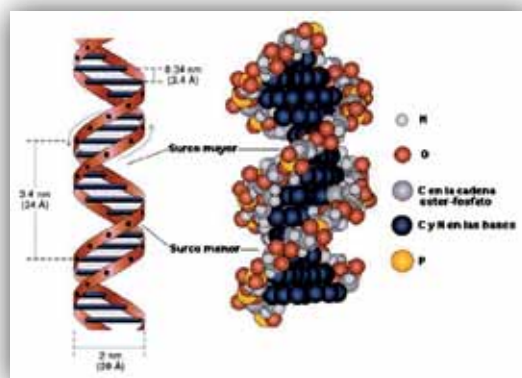


Figura 3. ADN

<http://pendientedemigracion.ucm.es/info/genetica/grupod/Estruadn/estruadn.htm#adnwc>  
consultada 9/9/2014

Aaron Klug (1926) fue Premio Nobel de Química de 1982 por el desarrollo de la microscopía electrónica cristalográfica, que permitió completar la estructura de proteínas muy complejas descubriendo cómo interactúan con el ARN. Estudiando el mosaico del virus del tabaco, descubrió cómo la proteína determina la arquitectura del virus, formado por una base proteica y el ARN que transporta la información genética. Reconoce que estos estudios los hizo gracias a Rosalind Franklin, que, sin duda, debería haber sido Premio Nobel pero no llegó porque una enfermedad acabó con su vida. También dice que fue muy afortunado al poder trabajar en 1954 en Londres con J. D. Bernal.<sup>14</sup>

Dorothy C. Hodgkin (1910-1994), Premio Nobel de 1964 por el descubrimiento de la estructura de varios compuestos orgánicos, dice en su biografía que su interés por la química nació cuando estaba en la escuela primaria y un amigo de su padre le regaló productos químicos que le permitieron cultivar cristales, y aquello le llamó tanto la atención que fue lo que le movió a estudiar Química. En 1932 tuvo la suerte de ir a Cambridge a trabajar con J. D. Bernal. En la conferencia de recepción del Premio Nobel explica que para hacer los cálculos de la estructura de los cristales se tienen que sumar las series de Fourier; en las que los términos tienen las amplitudes y fases de los espectros observados; ambas dependen de las posiciones de los átomos en el cristal, pero solo las amplitudes son fácilmente medibles. La introducción de un átomo pesado en la estructura del cristal permite que sea posible calcular los ángulos de fase directamente de las amplitudes de los espectros dados por los cristales isomorfos. A partir de un número suficiente de mediciones, se puede calcular directamente la densidad electrónica y ver toda la

<sup>13</sup> WILKINS, M. H. F. (1962). The molecular configuration of nucleic acids. *Nobel Lecture*, December 11, 1962, <http://www.nobelprize.org/> Visitada 9/9/2014.

<sup>14</sup> KLUG, A. From molecules to biological assemblies, *Nobel Lecture*, <http://www.nobelprize.org/>

estructura, por eso trabajó con derivados de yodo. De esta forma resolvió la estructura del colesterol, y en la vitamina B12 fue fundamental la presencia del átomo de cobalto.<sup>15, 16</sup>

No llegaron a conseguir Premio Nobel pero se lo merecían J. Bernal y R. E. Franklin.

Bernal, en colaboración con Dorothy C. Hodgkin, logró en 1934 la forma de obtener buenos datos de difracción de rayos X de los cristales de proteína, manteniéndolos hidratados en su solución madre. En 1936 llegó a Cambridge Max Perutz para trabajar con él y le preguntó cómo podía desvelar el secreto de la vida y este le contestó que estaba en la cristalografía de rayos X, en la estructura de las macromoléculas. Según Perutz, era de esas personas que cuando creías que tu trabajo no avanzaba y todo el mundo te decía que cambiaras de tema, venía Bernal y hacía que tu trabajo fuera lo más importante del mundo. Rosalind Franklin, Aaron Klug y Max Perutz y Dorothy Crowfoot Hodgkin trabajaron con Bernal y él, a su vez, fue alumno de Henry Bragg.<sup>17</sup>

Rosalind Elsie Franklin (1920-1958), en febrero de 1953, a la edad de 33 años, había escrito en sus notas de trabajo «la estructura del ADN tiene dos cadenas». Esta nota y las imágenes de difracción de rayos X que había conseguido, y que Wilkins conocía, se las enseñó, sin su permiso, a Watson y Crick, y fueron la inspiración para que ellos llegaran a la estructura del ADN. Falleció de cáncer en 1958 antes de que estos últimos consiguieran el Premio Nobel.<sup>18, 19</sup>

## 2B. PREMIOS NOBEL CONCEDIDOS POR DESCUBRIR OTRAS ESTRUCTURAS

En este apartado incluimos al Premio Nobel de Física de 1991 Pierre-Gilles de Gennes (1932-2007), que trabajó sobre la estructura de los cristales líquidos y los polímeros; y el de Química de 2011 Dan Shechtman (1941), que descubrió los cuasicristales.

La conferencia de Gennes se titula «Soft matter» (materia blanda o suave, los americanos la conocen como «fluidos complejos»). Indica que los polímeros son tensoactivos, cristales líquidos y granos coloidales. Se caracterizan por ser complejos, flexibles (como el caucho); algunos polímeros tienden a formar estructuras más complejas, como sucede con una enzima, que es una larga secuencia de aminoácidos que se dobla formando un glóbulo compacto; en general el interior está formado por moléculas hidrofóbicas y el exterior por hidrofílicas, y el número suele estar entre 13 y 14. Tienen unas propiedades mecánicas muy originales. Las tensoactivas tienen una parte hidrofílica y otra hidrofóbica. En los cristales líquidos hay dos mesofases: la nemática y la esméctica, y tienen propiedades de los sólidos y los líquidos. En la fase nemática las moléculas están colocadas como en un líquido, sin orden, pero al menos en un eje apuntan a una determinada dirección; en la fase esméctica hay orden de largo alcance y además centros de masas moleculares organizados en una dimensión.<sup>20</sup>

<sup>15</sup> PERUTZ, M. (1994). Dorothy Hodgkin, *Nature*, Vol. 371, p. 20.

<sup>16</sup> HODGKIN, D. (1964). The X-ray analysis of complicated molecules, *Nobel Lecture*, December 11, <http://www.nobelprize.org/> Visitada 9/9/2014.

<sup>17</sup> BROWN, A. P. (2007). J. D. Bernal: the sage of science. *Journal of Physics: Conference Series* 57, 61-72.

<sup>18</sup> GLYNN J. (2012). *My sister Rosalind Franklin*. Oxford University, [www.thelancet.com](http://www.thelancet.com), Vol. 379, March.

<sup>19</sup> MUÑOZ PÁEZ, A. Y. GARRITZ, A. (2013). Mujeres y química. Parte IV. Siglos XX y XXI, *Educación Química*, 24(3), 326-334.

<sup>20</sup> GENNEES, P. C. de (1991). Soft matter, *Nobel lecture*, December. <http://www.nobelprize.org/>

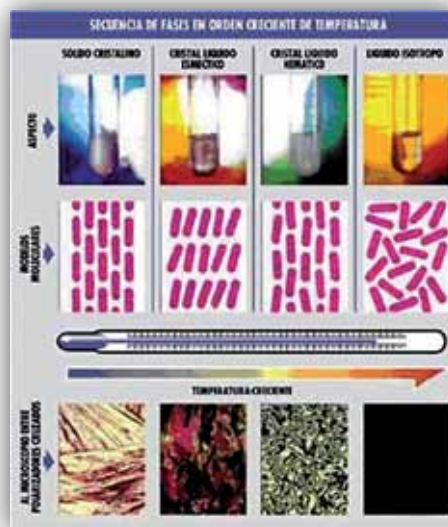


Figura 4. Cristales líquidos.

<http://www.unizar.es/icma/divulgacion/cristalesliq.html> Consultada 9/9/2014

Dan Shechtman se encuentra con unos cristales extraños que en principio piensa que son dos cristales gemelos, pero se da cuenta de que son cristales con una simetría diferente, que no se repiten 10 veces sino 5, a los que llama cuasicristales y que recuerdan la simetría de los azulejos de la Alhambra (Figura 5). Cumplen las características de la razón áurea o divina proporción. Aunque recientes investigaciones revelan que no hay ninguna prueba que conecte esta proporción con la estética griega, esta sigue manteniendo un cierto atractivo como modelo de belleza. El valor numérico de esta razón, que se simboliza normalmente con la letra griega «fi», es:

$$\phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = 1,618034...^{21}$$

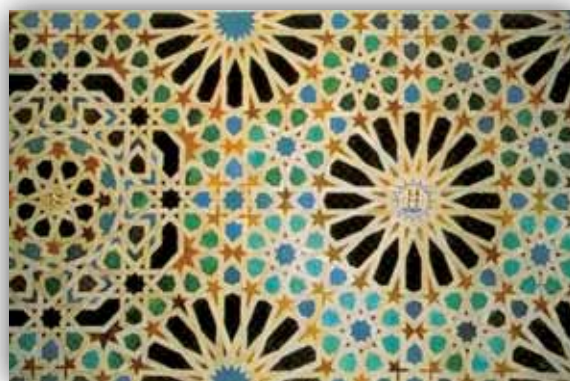


Figura 5. Mosaicos de la Alhambra.

[http://www.catedu.es/maticas\\_mundo/FOTOGRAFIAS/fotografia\\_mosaicos\\_alhambra.htm](http://www.catedu.es/maticas_mundo/FOTOGRAFIAS/fotografia_mosaicos_alhambra.htm)

Consultada 10/9/2014

<sup>21</sup> THE NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY 2011, <http://www.nobelprize.org/>



Schechtman, según las últimas noticias, ha dejado la ciencia y va a presentarse a las elecciones a presidente de Israel.<sup>22</sup>

## PROPUESTA DIDÁCTICA

Para presentar la actividad a los alumnos, el profesor muestra imágenes del acto de entrega de premios relacionados con la música, el cine, el deporte, y a continuación una imagen del acto de entrega de un Premio Nobel del ámbito científico con la primera frase con la que se inician los discursos: «Your Majesties, Your Royal Highnesses, Ladies and Gentlemen», explicándoles brevemente el significado y la ceremonia de los Premios Nobel (*Figura 6*).



*Figura 6.* Ceremonia de entrega del Premio Nobel en Estocolmo, Suecia.

Copyright © Nobelstiftelsen 2007. Foto: Hans Mehlin.

En [http://www.nobelprize.org/educational/nobelprize\\_info/](http://www.nobelprize.org/educational/nobelprize_info/) Consultada 10/9/2014

Se ofrece a los estudiantes, mediante fotocopias o subiéndolo a la plataforma virtual, un texto por cada uno de los Premios Nobel concedidos, con fragmentos seleccionados del discurso leído en la ceremonia de entrega del premio, así como las fotos de los científicos que lo recibieron y los datos del lugar y año de nacimiento y muerte en el caso de los fallecidos.

## TRABAJO PARA QUE REALICEN LOS ESTUDIANTES

Cada alumno trabajará individualmente uno de los premios (elegido al azar): deberá profundizar tanto en el tema como en los científicos que han obtenido el galardón.

Tras el trabajo individual, se formarán grupos (el número de grupos dependerá del número de alumnos existentes en el aula y del número de sesiones en las que el profesor decida aplicar la actividad), en los que cada alumno, en un tiempo máximo definido, deberá realizar una breve explicación tanto del tema trabajado como de los científicos que lo llevaron a cabo al resto de compañeros del grupo.

Con la síntesis de lo expuesto, elaborarán una presentación general con la que explicarán lo trabajado en gran grupo.

Se les indicará la página oficial de la organización de los Premios Nobel<sup>23</sup> y se les sugerirá que de esa página tomen el motivo de la concesión del Premio Nobel sobre el que están trabajando, una biografía resumida y fotografía del premiado o de los premiados en caso de ser más de uno.

<sup>22</sup> Nobel laureate's presidential bid, *Chemistry World*, 2014, March, p. 7.

<sup>23</sup> <http://www.nobelprize.org/> Consultada 10/9/14

Por otra parte, nosotros les facilitaremos un extracto de los puntos más importantes de la conferencia de la recepción del Premio Nobel, en la que el premiado normalmente hace un resumen contando en qué ha consistido su trabajo y quiénes han contribuido. Con estos datos cada alumno deberá hacer una ficha en la que figure:

- Año del premio
- Motivo de la concesión
- Nombre/s y lugar y año de nacimiento (defunción) del/los premiados.
- Fotografía del/los premiados
- Antecedentes
- Otros científicos que han contribuido al premio
- Problemas que se han resuelto
- Cómo ha contribuido al avance de la ciencia

### FUENTES DE INFORMACIÓN QUE SE SUGIEREN A LOS ESTUDIANTES

En todos los casos se sugiere que consulten la página web de los Premios Nobel, donde pueden ampliar la información relativa a la entrega del Premio Nobel correspondiente, incluyendo entre otra documentación, el discurso completo, el vídeo de la ceremonia de entrega y de la conferencia dada por los científicos galardonados (en los casos en los que existe), información sobre cada científico y, en algunos casos, entrevistas.

Se recomienda también a todos los alumnos la lectura del artículo de divulgación «Ciencia a través del cristal», de M. Martínez Ripoll (2014), sobre la utilidad de la cristalografía,<sup>24</sup> así como las referencias citadas en el mismo.

Además, consideramos que cada alumno debe profundizar en el tema trabajado con un artículo que complemente la información que aparece recogida en las referencias anteriores<sup>25</sup> y se lean el discurso del profesor Sven Lidin en la presentación de los Premios Nobel de 2011.<sup>26</sup>

### CONCLUSIONES

Consideramos que llevar a cabo esta actividad en el aula permitirá a los alumnos, además de comprobar la importancia de la cristalografía para el avance de la ciencia en todas sus dimensiones, entender la necesidad del trabajo continuo de distintos equipos de investigación desde el inicio del siglo XX hasta la actualidad, para poder llevar a cabo los avances científicos estudiados. Unos científicos han sido reconocidos por ello con el Premio Nobel y la fama, (aunque en demasiadas ocasiones tras años de desconfianza del resto de la comunidad científica), otros han sido galardonados pero su fama ha sido menor, y muchos han contribuido con sus ideas y trabajo a este desarrollo y han quedado relegados al olvido.

<sup>24</sup> <http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/index-en.html> Visitada 10/9/14.

<sup>25</sup> [http://www.sebbm.es/ES/divulgacion-ciencia-para-todos\\_10/ciencia-a-traves-del-cristal\\_984](http://www.sebbm.es/ES/divulgacion-ciencia-para-todos_10/ciencia-a-traves-del-cristal_984) Visitada 10/9/14.

<sup>26</sup> Extracto del discurso de presentación del profesor Sven Lidin, miembro de la Real Academia Sueca de las Ciencias miembro del Comité Nobel de Química. 10 diciembre de 2011, <http://www.nobelprize.org/> Visitada 10/9/14.



# CIENTÍFICOS ARTÍFICES DE LOS MODELOS ATÓMICOS CLÁSICOS Y PRECUÁNTICOS. DESARROLLO DE LA COMPETENCIA LINGÜÍSTICA APRENDIENDO FÍSICA Y QUÍMICA

M. Araceli Calvo Pascual

*Grupo de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física  
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid  
Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Formación de Profesorado y Educación.  
Universidad Autónoma de Madrid  
c/ Francisco Tomás y Valiente, 3  
Ciudad Universitaria de Cantoblanco. 28049 Madrid  
araceli.calvo@uam.es*

Alicia García Murillo

*Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Formación de Profesorado y Educación  
Universidad Autónoma de Madrid  
c/ Francisco Tomás y Valiente, 3  
Ciudad Universitaria de Cantoblanco. 28049 Madrid*

**Palabras clave:** Modelos atómicos, Historia de la Ciencia, recursos didácticos, enseñanza Física y Química, CLIL.

**Keywords:** Atomic Models, History of Science, Teaching resources, Physics and Chemistry Teaching, CLIL.

## Resumen

Este trabajo trata sobre la enseñanza de los modelos atómicos en la Educación Secundaria. En primer lugar, se revisa la legislación educativa y se muestran referencias actuales sobre este tema que se han considerado significativas. Posteriormente, se propone una actividad para 4.º de ESO y 1.º de Bachillerato utilizando como recursos artículos de revistas científicas y una obra de teatro. Se ofrecen fragmentos en inglés y traducidos al español.

Se pretende que los alumnos conozcan los modelos atómicos y a los científicos que los desarrollaron, además de que mejoren su comprensión y expresión oral y escrita, por lo que se encuadra dentro de la metodología Content and Language Integrated Learning (CLIL) para centros bilingües.

### Abstract

This paper deals with the teaching of atomic models in Secondary School. Firstly, the legislation is reviewed and current references on this issue that have been considered meaningful, are showed. Subsequently an activity to fourth year of ESO and first year of High School is suggested. Scientific journals and dramas are used as teaching resources. This paper shows excerpts from some references, in English and translated to Spanish.

The objective is that students know the atomic models and the scientists that develop them, and they improve their oral, reading and writing skills, in accordance with Content and Language Integrated Learning (CLIL) methodology for bilingual centers.

### ENSEÑANZA DE LOS MODELOS ATÓMICOS EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Recientes trabajos abordan diferentes aspectos sobre la enseñanza de los modelos atómicos en las aulas de Secundaria.

Solbes, Silvestre y Furió (2010)<sup>1</sup> aluden a las dificultades que tienen los estudiantes para el aprendizaje de los modelos atómicos y muestran la controversia existente entre distintos autores con relación a la conveniencia o no de enseñar el modelo atómico de Bohr; afirmando que, si se considera de interés didáctico la enseñanza de los modelos atómicos, convendría hacerlo de manera secuenciada: en 3.º de ESO el modelo clásico (Rutherford), en 4.º de ESO y 1.º de Bachillerato el modelo precuántico (Bohr) y en 2.º de Bachillerato el cuántico.

Plantean que los profesores trabajen los modelos recurriendo al análisis histórico, y que en cada curso, puesto que deben trabajarse las limitaciones teóricas y experimentales del modelo estudiado, se indique a los alumnos que en el curso siguiente se abordará un nuevo modelo.

Sabemos que no siempre las legislaciones educativas oficiales se ajustan a lo recomendado según los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Veamos qué aparece detallado en el currículo oficial en relación con este tema, tanto en la actual LOE como en el Proyecto de la LOMCE:

- Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las Enseñanzas Mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria<sup>2</sup> (Tabla 1).

	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
FÍSICA Y QUÍMICA 3.º ESO	Bloque 3. Estructura interna de las sustancias. Estructura del átomo. Modelos atómicos de Thomson y de Rutherford. Caracterización de los isótopos.	6. Describir los primeros modelos atómicos y justificar su evolución para poder explicar nuevos fenómenos. Se trata de comprobar que el alumnado comprende los primeros modelos atómicos, por qué se establecen y posteriormente evolucionan de uno a otro, por ejemplo cómo el modelo de Thomson surge para explicar la electroneutralidad habitual de la materia.
FÍSICA Y QUÍMICA 4.º ESO	Bloque 4. Estructura y propiedades de las sustancias. Estructura del átomo y enlaces químicos: La estructura del átomo.	

Tabla 1. Modelos atómicos en las Enseñanzas Mínimas de ESO.

<sup>1</sup> SOLBES, J., SILVESTRE, V., FURIÓ, C. (2010). El desarrollo histórico de los modelos de átomo y enlace químico y sus implicaciones didácticas. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 24, 83-105.

<sup>2</sup> REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las Enseñanzas Mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. BOE, 5 de enero de 2007.

- Decreto 23/2007, de 10 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria<sup>3</sup> (Tabla 2):

	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
FÍSICA Y QUÍMICA 3.º ESO	Bloque 3. Diversidad y unidad de la estructura de la materia. Átomos, moléculas y cristales. Estructura atómica: partículas constituyentes. Utilización de modelos. Masas atómicas y moleculares. Isótopos: concepto y aplicaciones.	6. Distinguir entre átomos y moléculas. Indicar las características de las partículas componentes de los átomos. Diferenciar los elementos. Calcular las partículas componentes de los átomos, iones e isótopos.

Tabla 2. Modelos atómicos en el currículo oficial de la Comunidad de Madrid de ESO.

- Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura de Bachillerato y se fijan sus Enseñanzas Mínimas<sup>4</sup> (Tabla 3):

	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
FÍSICA Y QUÍMICA 1.º BACH.	6. Teoría atómico molecular de la materia: – Revisión y profundización de la teoría atómica de Dalton. Interpretación de las leyes básicas asociadas a su establecimiento. 7. El átomo y sus enlaces: – Primeros modelos atómicos: Thomson y Rutherford. Distribución electrónica en niveles energéticos. Los espectros y el modelo atómico de Bohr. Introducción cualitativa al modelo cuántico.	7. Justificar la existencia y evolución de los modelos atómicos, valorando el carácter tentativo y abierto del trabajo científico Se pretende comprobar si el alumnado es capaz de identificar qué hechos llevaron a cuestionar un modelo atómico y a concebir y adoptar otro que permitiera explicar nuevos fenómenos, reconociendo el carácter hipotético del conocimiento científico, sometido a continua revisión.
QUÍMICA 2.º BACH.	2. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos: – Del átomo de Bohr al modelo cuántico. Importancia de la mecánica cuántica en el desarrollo de la química.	2. Aplicar el modelo mecánico-cuántico del átomo para explicar las variaciones periódicas de algunas de sus propiedades. Se trata de comprobar si el alumnado conoce las insuficiencias del modelo de Bohr y la necesidad de otro marco conceptual que condujo al modelo cuántico del átomo, que le permite escribir estructuras electrónicas.

Tabla 3. Modelos atómicos en las Enseñanzas Mínimas de Bachillerato.

<sup>3</sup> DECRETO 23/2007, de 10 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. BOCM 126, 29 de mayo de 2007.

<sup>4</sup> REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus Enseñanzas Mínimas. BOE 266, 6 de noviembre de 2007.

- Decreto 67/2008, de 19 de junio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de Bachillerato<sup>5</sup> (Tabla 4):

	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
FÍSICA Y QUÍMICA 1.º BACH.	7. El átomo y sus enlaces. Primeros modelos atómicos: Thomson y Rutherford. Interacción de la radiación electromagnética con la materia: Los espectros atómicos. El modelo atómico de Bohr. Distribución electrónica en niveles energéticos. Introducción cualitativa al modelo cuántico.	8. Justificar la existencia y evolución de los modelos atómicos, valorando el carácter tentativo y abierto del trabajo científico. Describir las ondas electromagnéticas y su interacción con la materia, deduciendo de ello una serie de consecuencias. Describir la estructura de los átomos y los isótopos.
QUÍMICA 2.º BACH.	2. Estructura atómica y clasificación periódica de los elementos. – Espectros atómicos. Orígenes de la teoría cuántica. Hipótesis de Planck. Efecto fotoeléctrico. Modelo atómico de Bohr y sus limitaciones. Introducción a la mecánica cuántica moderna. Su importancia. Orbitales atómicos. Números cuánticos. Configuraciones electrónicas: Principio de Pauli y regla de Hund.	2. Explicar los conceptos básicos de la mecánica cuántica: Dualidad onda-corpúsculo e incertidumbre. Describir los modelos atómicos discutiendo sus limitaciones y aplicar la teoría mecano-cuántica para el conocimiento del átomo. 3. Aplicar el modelo mecano-cuántico para explicar variaciones de propiedades periódicas.

Tabla 4. Modelos atómicos en el currículo oficial de la Comunidad de Madrid de Bachillerato.

- Proyecto de Real Decreto por el que se establece el Currículo Básico de la Educación Primaria, de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato del 10 de diciembre de 2013<sup>6</sup> (Tabla 5):

	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
FÍSICA Y QUÍMICA 2.º Y 3.º ESO	Bloque 2. La materia Átomos. Estructura atómica. Número atómico y número másico. Isótopos. Utilización de modelos.	9. Valorar la necesidad de usar modelos para la comprensión de la estructura íntima de la materia, y utilizar el modelo planetario para la descripción de los átomos y las diferencias entre ellos.	9.1. Representa el átomo, a partir del número atómico y el número másico, utilizando algún modelo.
FÍSICA Y QUÍMICA 4.º ESO	Bloque 2. La materia Modelos atómicos.	1. Reconocer la necesidad de usar modelos para interpretar la estructura de la materia y la provisionalidad de los mismos frente a nuevas evidencias científicas, utilizando aplicaciones virtuales interactivas para su representación e identificación.	1.1. Compara los diferentes modelos atómicos que los científicos han propuesto a lo largo de la historia para interpretar la naturaleza íntima de la materia, desde el modelo de Thomson hasta el modelo actual, interpretando las evidencias que hicieron necesaria la evolución de los modelos.

<sup>5</sup> DECRETO 67/2008, de 19 de junio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato. BOCM 152, 27 de junio de 2008.

<sup>6</sup> <http://www.mecd.gob.es>

	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
QUÍMICA 2.º BACH.	<p>Bloque 2. Origen y evolución de los componentes del Universo.</p> <p>a.- Estructura atómica</p> <p>Estructura de la materia. Hipótesis de Planck. Modelo atómico de Bohr.</p> <p>Mecánica cuántica: Hipótesis de De Broglie, Principio de Incertidumbre de Heisenberg.</p> <p>Orbitales atómicos. Números cuánticos y su interpretación.</p> <p>Física de las partículas subatómicas: origen del Universo. El CERN.</p>	<p>1. Analizar cronológicamente los modelos atómicos hasta llegar al modelo actual discutiendo sus limitaciones y la necesidad de uno nuevo.</p> <p>2. Reconocer la importancia de la teoría mecanocuántica para el conocimiento del átomo.</p> <p>3. Explicar los conceptos básicos de la mecánica cuántica: dualidad onda-corpúsculo e incertidumbre</p> <p>4. Describir las características fundamentales de las partículas subatómicas diferenciando los distintos tipos de quarks.</p>	<p>1.1. Explica las limitaciones de los distintos modelos atómicos relacionándolo con los distintos hechos experimentales que llevan asociados.</p> <p>1.2. Utiliza la ecuación de Rydberg para calcular el valor energético correspondiente a una transición electrónica entre dos niveles dados relacionándolo con la interpretación de los espectros atómicos.</p> <p>2.1. Diferencia el significado de los números cuánticos según Bohr y la teoría mecanocuántica que define el modelo atómico actual, relacionándolo con el concepto de órbita y orbital.</p> <p>3.1. Determina longitudes de onda asociadas a partículas en movimiento para justificar el comportamiento ondulatorio de los electrones.</p> <p>3.2. Formula el principio de incertidumbre de Heisenberg necesario para justificar el carácter probabilístico del estudio de partículas atómicas.</p> <p>4.1. Conoce los tipos de quarks presentes en la naturaleza íntima de la materia y en el origen primigenio del Universo, explicando las características y clasificación de los mismos.</p>

Tabla 5. Modelos atómicos en el Proyecto LOMCE.

Hasta aquí nos hemos referido a la secuenciación vertical de los modelos atómicos y a cómo trabajarlos; pero ¿cómo se aborda el tema en los libros de texto, utilizados por la mayor parte de los profesores como recurso principal?

Domènech, Savall y Martínez Torregrosa (2013),<sup>7</sup> como resultado de un análisis de libros de texto de Bachillerato con relación a los modelos atómicos de Thomson y Rutherford, concluyen que existen discrepancias entre los modelos presentados en los libros de texto y los textos históricos. Por ejemplo: ninguno de los libros de texto analizados se refiere a la posibilidad del movimiento de los electrones planteado por Thomson, ni a que la propuesta de Rutherford, de acuerdo a su modelo de 1911, se limite

<sup>7</sup> DOMÈNECH, J. L., SAVALL, F., MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (2013). ¿Los libros de texto de Bachillerato introducen adecuadamente los modelos atómicos de Thomson y Rutherford? *Enseñanza de las Ciencias*, 31, 1, 29-43.



a una carga concentrada en una pequeña región y que, aun suponiendo que es positiva, no descarte que pueda ser negativa. Concluyen que, al proporcionar los textos una imagen simplista de los modelos, los alumnos no pueden ser conscientes de su utilidad y de las limitaciones de cada modelo.

Resultados similares se han obtenido con el análisis de libros del 1.º curso de Universidad:

El tratamiento del tema de la estructura atómica, a pesar de ser uno de los que se haría más propicio para explotar el enfoque histórico epistemológico, deja una imagen de ciencia inconexa a partir de descubrimientos aislados realizados por científicos que trabajan individualmente, lo cual no permite comprender verdaderamente cómo es la ciencia, cómo funciona y cómo se representa. (Farías, Castelló y Molina, 2013)<sup>8</sup>

Por su parte, Niaz y Cardellini (2011)<sup>9</sup> concluyen que muy pocos libros de texto de química general mencionan el modelo de Bohr-Sommerfeld, y mucho menos refiriéndose a la naturaleza tentativa de los modelos. En el estudio realizado sugieren cómo, desde una perspectiva histórica y pedagógica, los estudiantes pueden comprender más fácilmente los modelos atómicos trabajando el modelo de Bohr-Sommerfeld.

Es obvio que los análisis mostrados son unos ejemplos más de las limitaciones que puede tener una enseñanza basada estrictamente en el libro de texto, y por tanto de la necesidad de utilizar una variedad de recursos para enriquecerla.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, y partiendo del convencimiento de que es necesario «humanizar» la ciencia para que los estudiantes entiendan la verdadera dimensión de la misma y se sientan más atraídos por ella, se propone una actividad que pretende que los alumnos, de un modo motivador, mediante un fragmento de una obra de teatro, artículos de revistas y otras fuentes de información, conozcan los modelos atómicos clásicos y precuánticos y a los científicos que los desarrollaron.

La actividad se propone para 4.º de ESO y 1.º de Bachillerato.

Por otra parte, basándonos en la investigación de Niaz *et al.* (2002)<sup>10</sup> llevada a cabo con estudiantes universitarios, en la que concluyen que dar a los estudiantes la oportunidad de argumentar y debatir hace que su comprensión sobre los modelos de Thomson, Rutherford y Bohr vaya más allá de la simple repetición de detalles experimentales, proponemos que los estudiantes lean, analicen, contrasten y redacten textos que posteriormente deberán presentar a sus compañeros.

Los recursos que se proponen están escritos originalmente en lengua inglesa, por lo que, en el caso de la enseñanza de la Física y Química en centros bilingües, el desarrollo de la actividad se encuadra en la metodología CLIL (Content and Language Integrated Learning). No obstante, la actividad puede ser igualmente útil en centros no bilingües, puesto que, sea en un idioma o en otro, su implementación en el aula pretende mejorar la comprensión y expresión oral y escrita de los alumnos trabajando una temática científica.

<sup>8</sup> FARÍAS, D. M., CASTELLÓ, J., MOLINA, F. (2013). Análisis del enfoque de historia y filosofía de la ciencia en libros de texto de química: el caso de la estructura atómica. *Enseñanza de las Ciencias*, 31, 1, 115-133.

<sup>9</sup> NIAZ, M., CARDELLINI, L. (2011). What Can the Bohr-Sommerfeld Model Show Students of Chemistry in the 21st Century? *Journal of Chemical Education*, 88, 2, 240-243.

<sup>10</sup> NÍAZ, M., AGUILERA, D., MAZA, A., LIENDO, G. (2002). Arguments, contradictions, resistances, and conceptual change in students' understanding of atomic structure. *Science Education* 86, 505-525.

## PROPUESTA DIDÁCTICA

Se propone formar cinco grupos de trabajo (con 5 alumnos en cada uno de ellos) en el aula. El primer grupo trabajará un fragmento de la obra de teatro *E=mc<sup>2</sup>. A living newspaper about the atomic age*, de Hallie Flanagan Davis (1948),<sup>11</sup> dramaturga, directora y productora estadounidense (1890-1969). Tal y como explica Sheperd-Barr (2006),<sup>12</sup> la obra trata de equilibrar la visión negativa que se tenía sobre la energía nuclear después de la Segunda Guerra Mundial.

En ella, uno de los personajes es un átomo, al que se le humaniza dándole un carácter cambiante, impredecible e inestable, pero también a veces encantador; de manera que se puede establecer una comparación entre esta naturaleza del átomo y los usos y aplicaciones de la energía nuclear; es decir, en función de su uso, puede ser tanto positivo como negativo.

El texto seleccionado para trabajar en el aula se muestra en la *Tabla 6*. Para trabajarlo en centros no bilingües, hemos hecho la traducción al español:

<p>ATOM. That's what J.J. Thomson said I looked like- «A bean bag, filled with an equal number of positive and negative beans». -Negative beans-can you beat that?.</p> <p>STAGE MANAGER. That's not going to help us any-a bean bag!</p> <p>ATOM. [...] Hold your horses. Lord Rutherford exploded than the bean bag.</p> <p>[...] Lord Rutherford found out most of my volumen is just empty space. (Pause) Gives you a queer feeling, doesn't it?</p> <p>[...] Niels Bohr. You know-Danish. Up there they look at the sky a lot. He figured out that what I really look like is the solar system. [...] See that thing at the center like the sun? Well, it's not the sun, it's my nucleus! All around it is that space we were talking about. Empty space. Those things spinning around it -around me-around my nucleus, I mean!-aren't saucers. Don't believe all you read in the newspapers. Those are flying particles-electrons. They're negatively charged. They don't weigh a thing-or scarcely anything. It's my nucleus that you have to concentrate on. [...] My nucleus is made up of protons and neutrons, and the number of protons determines what kind of an atom I am. Wheeee! Do I undertand myself? (ATOM turns a few handsprings) Well, «Know thyself», I always say- All of us atoms who have the same number of protons but a different number of neutrons are isotopes. I'm an Atom- I'm an Isotope. Does this make you nervous? It does me. Bohr got the Nobel Prize for figuring all this out.</p>	<p>ÁTOMO. ¡Eso es lo que J. J. Thomson decía que yo parecía - «Un saco de judías, relleno con el mismo número de judías positivas y negativas». -Judías negativas, ¿has visto cosa igual?</p> <p>DIRECTOR DE ESCENA. Eso no va a ayudarnos para nada, ¡un saco de judías!</p> <p>ÁTOMO. [...] Contrólate. Lord Rutherford refutó lo del saco de judías.</p> <p>[...] Lord Rutherford averiguó que la mayoría de mi volumen es solo espacio vacío. (Pausa) Produce un sentimiento extraño, ¿verdad?</p> <p>[...] Niels Bohr; ya sabes, danés. Allí arriba, ellos miran al cielo muchísimo. Él entendió que a lo que realmente me parezco es al sistema solar [...] ¿Ves esa cosa en el centro como el Sol? Bien, no es el Sol, ¡es mi núcleo! Todo a su alrededor es ese espacio del que estamos hablando. Espacio vacío. Esas cosas girando a su alrededor; a mi alrededor -¡alrededor de mi núcleo, quiero decir! no son platillos. No creas todo lo que lees en los periódicos. Son partículas volantes, electrones. Están cargados negativamente. No pesan nada, o casi nada. Es mi núcleo en el que tienes que concentrarte. Mi núcleo está hecho de protones y neutrones, y el número de protones determina qué clase de átomo soy. ¡Síiii! ¡Me entiendo a mí mismo? (ÁTOMO da unas cuantas volteretas) Bien, «Conócete a ti mismo», digo siempre. Todos los átomos que tenemos el mismo número de protones pero diferente número de neutrones somos isótopos. Yo soy un Átomo, Yo soy un Isótopo. ¿Te pone nervioso? A mí sí. Bohr obtuvo el Premio Nobel por comprender todo esto.</p>
---	---

Tabla 6. Texto seleccionado para trabajar en el aula de *E=mc<sup>2</sup>. A living newspaper about the atomic age*.

<sup>11</sup> FLANAGAN DAVIS, H. (1948). *E=mc<sup>2</sup>. A living Newspaper about the atomic age*. Nueva York, Samuel French.

<sup>12</sup> SHEPHERD-BARR, K. (2006). «Living Newspapers» and other Plays about Physics and Physicists. En *Science on Stage, From Doctor Faustus to Copenhagen* (pp. 63-69). Princeton, Princeton University Press.

Los alumnos del grupo deben analizar críticamente el texto (para lo que deben buscar bibliografía) y explicar las conclusiones obtenidas tras su dramatización en el aula.

Los otros cuatro grupos deben estudiar la trayectoria de Joseph John Thomson, Ernest Rutherford, Niels Bohr y Arnold Sommerfeld. Para ello se les propone a cada grupo un artículo dedicado a cada uno de los científicos, que analizarán contrastando la información recogida con otras fuentes bibliográficas, tras lo que deberán presentar a cada científico al resto de compañeros.

Los artículos propuestos son los siguientes:

- *J.J. Thomson goes to America.*<sup>13</sup> En el artículo se puede descubrir tanto a la persona como al científico, al mismo tiempo que las relaciones que se establecían en la comunidad científica, y la forma que tenían de comunicar los avances y descubrimientos que se daban a ambos lados del océano, trabajando, si bien, por las mismas causas, con una cierta competitividad.
- *Lord Rutherford of Nelson, his 1908 Nobel Prize in Chemistry, and why he didn't get a second prize.*<sup>14</sup> El hilo conductor son las numerosas nominaciones que Rutherford tuvo para los Premios Nobel, tanto de Física como de Química, dejando entrever el funcionamiento de la Comunidad Científica y mostrando los problemas y trabas que, incluso, los científicos de más alto nivel se encuentran en su trayectoria profesional.
- *Niels Bohr at 100: his life and work.*<sup>15</sup> El artículo presenta la vida y el trabajo de Bohr desde sus inicios, situando en el tiempo el momento en el que Bohr desarrolla su trayectoria profesional, a partir de los descubrimientos que ya se habían hecho hasta el momento en el estudio del modelo atómico (Thomson, Rutherford) y las aportaciones de otros científicos, como Einstein. El artículo describe también a la persona dejando ver no solo la grandeza del científico, sino también sus defectos o puntos débiles.
- *Arnold Sommerfeld: 1868-1951.*<sup>16</sup> El texto describe las aportaciones que Sommerfeld realizó a lo largo de su trayectoria profesional, pero da mayor importancia a su trabajo como profesor, explicando la admiración que sus estudiantes le profesaban y la repercusión que tuvo en el mundo de la física teórica, al formar a muchas de las mentes brillantes que le siguieron.

En todos los grupos, como fuente de información prioritaria, se les proponen las páginas 529-541 del artículo de Niaz *et al.* (1998),<sup>17</sup> en el que se analizan diferentes aspectos de los modelos de Rutherford, Thomson y Bohr; aportando fragmentos originales de los trabajos realizados por dichos científicos, así como los análisis llevados a cabo por otros científicos y filósofos de la ciencia.

Los apartados existentes en estas páginas son:

- THOMSON'S CATHODE RAY EXPERIMENTS  
Salient Aspects of Thomson's 1897 Article in the Philosophical Magazine  
Thomson's Model of the Atom in Retrospect
- RUTHERFORD'S ALPHA PARTICLE EXPERIMENTS  
Salient Aspects of Rutherford's 1911 Article in the Philosophical Magazine  
Rutherford's Model of the Nuclear Atom in Retrospect

<sup>13</sup> DOWNARD, K. M. (2009). J. J. Thomson Goes to America. *Journal of American Society for Mass Spectrometry*, 20, 1964-1973.

<sup>14</sup> JARLSKOG, C. (2008). Lord Rutherford of Nelson, his 1908 Nobel Prize in Chemistry, and why he didn't get a second prize. *Journal of Physics: Conference Series* 136.

<sup>15</sup> FRENCH, A. P. (1986). Niels Bohr at 100: his life and work. *Physics Education*, 21, 220-226.

<sup>16</sup> PAULING, L. (1951). Arnold Sommerfeld: 1868-1951. *Science*, 114, 383-384.

<sup>17</sup> NIAZ, M., AGUILERA, D., MAZA, A., LIENDO, G. (1998). From Cathode Rays to Alpha Particles to Quantum of Action: A Rational Reconstruction of Structure of the Atom and Its Implications for Chemistry Textbooks. *Science Education* 82, 527-552.

- BOHR'S MODEL OF THE ATOM  
Salient Aspects of Bohr's 1913 Article in the Philosophical Magazine  
Bohr's Model of the Atom in Retrospect

A continuación (*Tabla 7*) se ofrecen unos fragmentos de las páginas 534, 535 y 538 del texto citado, tanto en su idioma original como traducidos al español:

<p>Rutherford announced his hypothesis of the nuclear atom for the first time on March 7, 1911 at a meeting of the Manchester Literary and Philosophical Society, which was later submitted in April and published in the <i>Philosophical Magazine</i>, May 1911 (Rutherford, 1911).</p> <p><b>Salient Aspects of Rutherford's 1911 Article in the Philosophical Magazine</b></p> <p>4. Besides Thomson's model of the atom, Rutherford also mentions another rival, Nagaoka's (1904) «Saturnian» model of the atom, which consisted of a central attracting mass surrounded by rings of electrons. Nagaoka showed that such a system was stable if the attractive force was large. With regard to Nagaoka's model, Rutherford explained: «... the chance of large deflexion would practically be unaltered, whether the atom is considered to be a disk or a sphere» (p. 688).</p> <p>5. It is of interest to note that until April 1911, when this article was written, Rutherford makes no mention of:</p> <p>(a) An analogy of his model to the solar system. (b) Nucleus, to represent the central charge of the atom. (c) Whether the central charge was positive or negative.</p> <p>With respect to the central charge, Rutherford explicitly stated that, «... it has not so far been found possible to obtain definite evidence to determine whether it be positive or negative» (p. 688). This shows the tentative nature of Rutherford's model of the atom.</p> <p>Nevertheless, it took several months before Bohr submitted the final draft to Rutherford on March 6, 1913. It was accepted by the <i>Philosophical Magazine</i> on April 5 and published in July 1913 as the first part of a trilogy (Bohr, 1913).</p> <p><b>Salient Aspects of Bohr's 1913 Article in the Philosophical Magazine</b></p> <p>1. Bohr starts the first part of his trilogy with the following words: «In order to explain the results of experiments on scattering of alpha rays by matter Prof. Rutherford has given a theory of the structure of atoms» (p. 1). Next, Bohr briefly describes Rutherford's model of the atom.</p>	<p>Rutherford comunicó su hipótesis del átomo nuclear por primera vez el 7 de marzo de 1911, en un encuentro en la Sociedad Literaria y Filosófica de Manchester; que posteriormente fue presentada en abril al <i>Philosophical Magazine</i> y publicada en mayo de 1911 (Rutherford, 1911).</p> <p><b>Aspectos destacados del artículo de Rutherford de 1911 en el Philosophical Magazine.</b></p> <p>4. Además del modelo atómico de Thomson, Rutherford también menciona a otro rival, el modelo atómico «Saturniano» de Nagaoka (1904), que consiste en una masa central atractiva rodeada de anillos de electrones. Nagaoka mostraba que el sistema era tanto más estable cuanto más grande era la fuerza atractiva. Con respecto al modelo de Nagaoka, Rutherford explicó: «... la probabilidad de una gran desviación o reflexión sería prácticamente inalterada, si se considerase al átomo como un disco o una esfera» (p. 688).</p> <p>5. Es interesante darse cuenta de que hasta abril de 1911, cuando este artículo se escribió, Rutherford no había hecho mención de:</p> <p>(a) Una analogía de su modelo con el sistema solar. (b) Núcleo, para representar la carga central del átomo. (c) Si la carga central era positiva o negativa.</p> <p>Con respecto a la carga central, Rutherford manifestó explícitamente que, «... hasta ahora no se ha encontrado que sea posible obtener una evidencia definitiva para determinar si es positiva o negativa» (p. 688). Esto muestra la naturaleza vacilante del modelo atómico de Rutherford.</p> <p>Sin embargo, pasaron varios meses antes de que Bohr presentara el borrador final a Rutherford el 6 de marzo de 1913. Fue aceptado por el <i>Philosophical Magazine</i> el 5 de abril y publicado en julio de 1913 como la primera parte de una trilogía (Bohr, 1913).</p> <p><b>Aspectos destacados del artículo de Bohr de 1913 en el Philosophical Magazine.</b></p> <p>1. Bohr empieza la primera parte de su trilogía con las siguientes palabras: «Con el fin de explicar los resultados de los experimentos de dispersión de los rayos alfa por la materia, el profesor Rutherford ha dado una teoría sobre la estructura de los átomos» (p. 1). A continuación, Bohr describe brevemente el modelo del átomo de Rutherford.</p>
---	--

<p>2. In the next paragraph Bohr points out difficulties with Rutherford's model of the atom:</p> <p>In an attempt to explain some of the properties of matter on the basis of this atom-model we meet, however, with difficulties of a serious nature arising from the apparent instability of the system of electrons: difficulties purposely avoided in atom-models previously considered, for instance, in the one proposed by Sir J. J. Thomson. According to the theory of the latter the atom consists of a sphere of uniform positive electrification, inside which the electrons move in circular orbits (p. 2).</p> <p>3. In the third paragraph Bohr makes a comparison of the Thomson and Rutherford models:</p> <p>The principal difference . . . consists in the circumstance that the forces acting on the electrons in the atom-model of Thomson allow of certain configurations and motions of the electrons for which the system is in a stable equilibrium; such configurations, however, apparently do not exist for the second atom-model (p. 2).</p> <p>It is important to observe that, although the Thomson model could not be sustained after Rutherford's alpha particle experiments, it did provide for stability.</p>	<p>2. En el siguiente párrafo Bohr señala las dificultades del modelo atómico de Rutherford:</p> <p>En un intento de explicar algunas de las propiedades de la materia basadas en este modelo atómico, nos encontramos, sin embargo, con dificultades de seria naturaleza derivadas de la aparente inestabilidad del sistema electrónico: dificultades evitadas conscientemente en modelos atómicos previamente considerados, por ejemplo, en el propuesto por el Sr. J. J. Thomson. Según la teoría del último, el átomo consiste en una esfera de electrificación uniformemente positiva, dentro de la cual, los electrones se mueven en órbitas circulares (p. 2).</p> <p>3. En el tercer párrafo Bohr hace una comparación de los modelos de Thomson y de Rutherford:</p> <p>La principal diferencia. . . consiste en el hecho de que las fuerzas que actúan sobre el electrón en el modelo atómico de Thomson permiten ciertas configuraciones y movimiento de los electrones para los cuales el sistema está en un equilibrio estable; tales configuraciones sin embargo, aparentemente no existen para el segundo modelo atómico. (p. 2)</p> <p>Es importante observar que, aunque el modelo de Thomson no podía sustentarse después de los experimentos de las partículas alfa de Rutherford, proporcionaba estabilidad.</p>
---	--

Tabla 7. Fragmentos seleccionados para trabajar en el aula del artículo de Niaz y col. (1998), referencia 17.

## CONCLUSIONES

La revisión que se ha hecho sobre la enseñanza de los modelos atómicos, mostrada en la primera parte de este artículo, permite corroborar la necesidad, tantas veces manifestada desde la investigación, de basarse en los estudios previos realizados en Didáctica de las Ciencias Experimentales a la hora de diseñar la legislación educativa oficial y los libros de texto.

Por otra parte, consideramos que la actividad propuesta en la segunda parte de este artículo, en la que se utilizan como recursos artículos de revistas científicas y fragmentos de obras teatrales, es útil para el aprendizaje de la Física y la Química y para el desarrollo de la competencia lingüística dentro del aula de ciencias.

El desarrollo de las destrezas comunicativas aprendiendo ciencia es importante aunque la asignatura se imparta en español —en el sentido de considerar que los alumnos deben y pueden desarrollar todas las competencias básicas dentro de la asignatura de Física y Química—, pero es fundamental si se trabaja en centros bilingües de acuerdo a la metodología CLIL.

Además, utilizando los materiales seleccionados en esta propuesta para trabajar los modelos atómicos, el alumno puede acercarse a la ciencia, y a su funcionamiento, siendo consciente de cómo han evolucionado las diferentes teorías, en ocasiones de manera simultánea aunque desde laboratorios distintos, y puede darse cuenta de las diferencias existentes entre divulgación científica e investigación, y aproximar-

se a la ciencia desde un punto de vista más humano, es decir, puede conocer el lado humano del científico y la importancia del reconocimiento de la comunidad científica.

Esta forma de trabajo permite al alumno desarrollar un pensamiento crítico sobre la ciencia, favoreciendo así su propio proceso de aprendizaje.

Al mismo tiempo, tanto alumnos como profesores pueden beneficiarse de la introducción de nuevos recursos educativos en el aula que permitan realizar actividades innovadoras.



# PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA INTRODUCCIÓN DEL MOL EN LA ESO

Alicia Coballes Redondo

*Departamento de Didácticas Específicas  
Facultad de Formación de Profesorado y Educación  
Universidad Autónoma de Madrid  
c/ Francisco Tomás y Valiente, 3*

María R. Clemente Gallardo

*Ciudad Universitaria de Cantoblanco. 28049 Madrid  
alicia.coballes@estudiante.uam.es  
maria.clemente@uam.es*

**Palabras clave:** Mol, química, estequiometría, analogía, huevera.

**Keywords:** Mole, chemistry, stoichiometry, analogy, egg box.

## Resumen

En este trabajo se propone una estrategia didáctica para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje del mol en un curso de Química de ESO, donde se introduce este concepto por primera vez.

La propuesta consiste en el empleo de la analogía de «las medias docenas de huevos de diferente masa» para explicar que el mol está relacionado tanto con un conjunto de entidades como con la masa de dicho conjunto.

Para entender la estequiometría se utilizan modelos moleculares dentro de hueveras de media docena, de forma que al manejarlos se descubren relaciones entre moles en reacciones químicas.

## Abstract

This project proposes an educational strategy to facilitate both the teaching and learning processes of the mole concept in a Chemistry course where this fundamental unit of the International System is introduced for the first time.

The proposal involves implementing «the different weights of half dozen egg boxes» analogy to explain that the mole is related to a group of entities as well as to the mass of those entities.



In order to understand stoichiometry, molecular models are used inside half dozen egg cartons, so that when handling them, students can discover the relationships between moles in chemical reactions.

## INTRODUCCIÓN

El mol es uno de los temas de Química más complicados de explicar por primera vez, ya que es un concepto poco claro y abstracto. Sin embargo, su correcto aprendizaje es fundamental.

En el sistema educativo español,<sup>1</sup> el mol se introduce por primera vez en 3.º ESO y tiene relación con otros aspectos fundamentales del curso:

- Magnitudes y unidades: el Sistema Internacional.
- Nivel microscópico de la materia: átomos, moléculas, etc.
- Nivel macroscópico de la materia: masa, volumen, etc.
- Reacciones químicas.

En cursos posteriores de Química, es esencial el empleo del mol en cálculos químicos de diferentes magnitudes y sobre todo en el tema de reacciones químicas.

Debido a la importancia del mol y a sus dificultades de enseñanza y aprendizaje, se hace necesario encontrar estrategias didácticas que favorezcan un aprendizaje significativo del mismo.

Para plantear cualquier estrategia didáctica, en primer lugar hay que tener claro el concepto a enseñar. Un completo análisis sobre qué es el mol, con el objetivo de ayudar a que los profesores lo enseñen correctamente, ha sido realizado por Nelson (2013).<sup>2</sup>

El mol es la unidad de la magnitud fundamental «cantidad de sustancia» del Sistema Internacional de Unidades. La magnitud «cantidad de sustancia» ( $n$ ) se diferencia de las magnitudes «masa» ( $m$ ), «volumen» ( $V$ ) y «número de entidades» ( $N$ ), pero se relaciona directamente con ellas.<sup>3</sup>

$$n = \frac{N}{N_A}; \quad n = \frac{m}{M}; \quad n = \frac{V}{V_m}$$

Se han descrito recomendaciones para la enseñanza de la cantidad de sustancia y su unidad el mol.<sup>4</sup> Entre ellas, en la bibliografía didáctica abundan referencias sobre la necesidad de utilizar analogías familiares con las que facilitar el concepto de mol.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las Enseñanzas Mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. BOE, 5 de enero de 2007.

<sup>2</sup> NELSON, P.G. (2013). What is the mole? *Foundations of Chemistry*, 15(1), 3-15.

<sup>3</sup> FURIÓ, C., AZCONA, R., GUIASOLA, J. (1999). Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 359-376.

<sup>4</sup> BALOCCHI, E., MODAK, B., MARTÍNEZ, M., PADILLA, K., REYES, F., GARRITZ, A. (2006). Aprendizaje cooperativo del concepto cantidad de sustancia con base en la teoría atómica de Dalton y la reacción química. Parte III. Concepciones acerca de la 'cantidad de sustancia' y de su unidad 'el mol'. *Educación química*, 17 (1), 14-32.

<sup>5</sup> FURIÓ, C., AZCONA, R., GUIASOLA, J. (2002). Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 229-242.

## OBJETIVOS

Debido a las ventajas que presentan las analogías para facilitar el aprendizaje de conceptos abstractos, el objetivo principal que nos planteamos para este trabajo fue encontrar una analogía con la que explicar el concepto de mol que permitiera:

1. Incidir en el hecho de que la cantidad de sustancia está relacionada simultáneamente con la masa y el número de partículas, sin ser ninguna de ellas.
2. Reflexionar sobre la gran cantidad del número de Avogadro.
3. Diferenciar mol de átomos de mol de moléculas.
4. Iniciar a los alumnos en la estequiometría, al mostrar las relaciones que existen entre moles en las reacciones químicas.

## PROPUESTA DIDÁCTICA

La analogía propuesta se llevó a cabo con alumnos que se enfrentaban por primera vez al concepto de mol.

Antes de la explicación del mol a través de la analogía, se ha tenido en cuenta que para que los alumnos alcancen un aprendizaje significativo es necesario que estos conozcan la estructura atómico-molecular de la materia. En concreto, los aspectos que deberán saber son:

1. Conocer que la materia es discontinua.
2. Diferenciar entidades elementales: átomos, moléculas, iones y electrones.
3. Conocer el concepto de isótopo, debido a que la definición de mol incluye el término «carbono-12».
4. Diferenciar entre sustancias puras y mezclas, debido a que la magnitud «cantidad de sustancia» se refiere siempre a sustancias puras.

## ANALOGÍA DE LA MEDIA DOCENA DE HUEVOS

En primer lugar, se les planteó a los alumnos la necesidad que existe en química de relacionar el nivel microscópico que compone la materia (átomos, moléculas, iones y electrones) con el mundo macroscópico con el que se trabaja en el laboratorio (masas y volúmenes).

Entonces se explicó que esta relación se establece gracias a la magnitud «cantidad de sustancia» y su unidad «el mol», ambas del Sistema Internacional de Unidades (lo que permite repasar este tema, esencial en las Ciencias Experimentales).

En este momento se les definió el mol como «*cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales (átomos, moléculas, iones, electrones, etc.) como átomos hay en 0,012 kg de carbono-12. A este número se le denomina «constante de Avogadro» y es igual a  $6,022 \times 10^{23}$* ».

Sin embargo, debido a que el lenguaje de la química dificulta el entendimiento de esta definición, se propuso una definición análoga a la del mol con elementos de la vida cotidiana: medias docenas de huevos de diferente masa.

La analogía se introdujo mediante la lectura de un texto sobre una fábrica de tortillas, que a su vez implica la resolución de un problema matemático. El texto es el siguiente, dividido en dos partes.

«En el almacén de una fábrica de tortillas hay cajas de huevos de codorniz, gallina y oca. La masa de cada caja de huevos es 60, 420 y 840 g respectivamente. Para hacer cada tortilla se emplean 2 cajas de huevos de gallina.

Se agotaron las cajas de huevos de gallina, por lo que, con el fin de no parar la producción, decidieron emplear huevos de codorniz. Teniendo en cuenta la masa de cada caja, ¿cuántas cajas de huevos de codorniz se deberían emplear para hacer una tortilla?

Cuando se terminaron también los huevos de codorniz, decidieron emplear huevos de oca. ¿Cuántas cajas de huevos de oca serán necesarias para una tortilla?»

La resolución de este problema permite al docente observar si los alumnos tienen capacidad matemática para enfrentarse a problemas donde se trabajan proporciones, competencia necesaria para realizar los cálculos químicos donde intervienen moles. Una vez resuelto el problema, se ofreció el resto del texto:

«Al cabo de unos meses llegaron a la fábrica técnicos nuevos que emplearon nuevas tecnologías. Fueron capaces de observar las cajas al abrirlas, ¿y qué descubrieron?

¡En cada caja hay el mismo número de huevos, seis huevos, y este se determina experimentalmente! (Abriendo la caja y observándola)»

Después de la lectura del texto, se les enseñó imágenes de las diferentes medias docenas y se expuso la definición de media docena análoga a la de mol: «*la media docena contiene tantas entidades como huevos hay en 420 g de gallina. Este número es 6*».

Se explicó la analogía comparando directamente la media docena de huevos de diferente tipo con un mol de átomos de diferentes elementos químicos (Figura 1).

MOL	MEDIA DOCENA
1 mol de átomos de C $\left\{ \begin{array}{l} 6,022 \times 10^{23} \text{ átomos de C} \\ 12 \text{ g de C} \end{array} \right.$	Media docena de huevos de gallina $\left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ huevos de gallina} \\ 420 \text{ g de huevos de gallina} \end{array} \right.$
1 mol de átomos de O $\left\{ \begin{array}{l} 6,022 \times 10^{23} \text{ átomos de O} \\ 16 \text{ g de O} \end{array} \right.$	Media docena de huevos de codorniz $\left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ huevos de codorniz} \\ 60 \text{ g de huevos de codorniz} \end{array} \right.$
1 mol de átomos de H $\left\{ \begin{array}{l} 6,022 \times 10^{23} \text{ átomos de H} \\ 1 \text{ g de H} \end{array} \right.$	Media docena de huevos de oca $\left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ huevos de oca} \\ 840 \text{ g de huevos de oca} \end{array} \right.$
1 <b>mol</b> contiene tantas entidades como átomos hay en 12 g de carbono-12 ( $6,022 \times 10^{23}$ )	La <b>media docena</b> contiene tantas entidades como huevos hay en 420 g de huevos de gallina ( <b>6</b> )

Figura 1. Comparación de la analogía «media docena» con el concepto de «mol».

A diferencia de la docena, la media docena y el número de Avogadro se pueden relacionar, pues este es aproximadamente  $6 \times 10^{23}$ . Por ello se hizo reflexionar sobre la gran magnitud de este número mostrando a través de imágenes de medias docenas de huevos cómo van aumentando sucesivamente las potencias de diez (Figura 2).

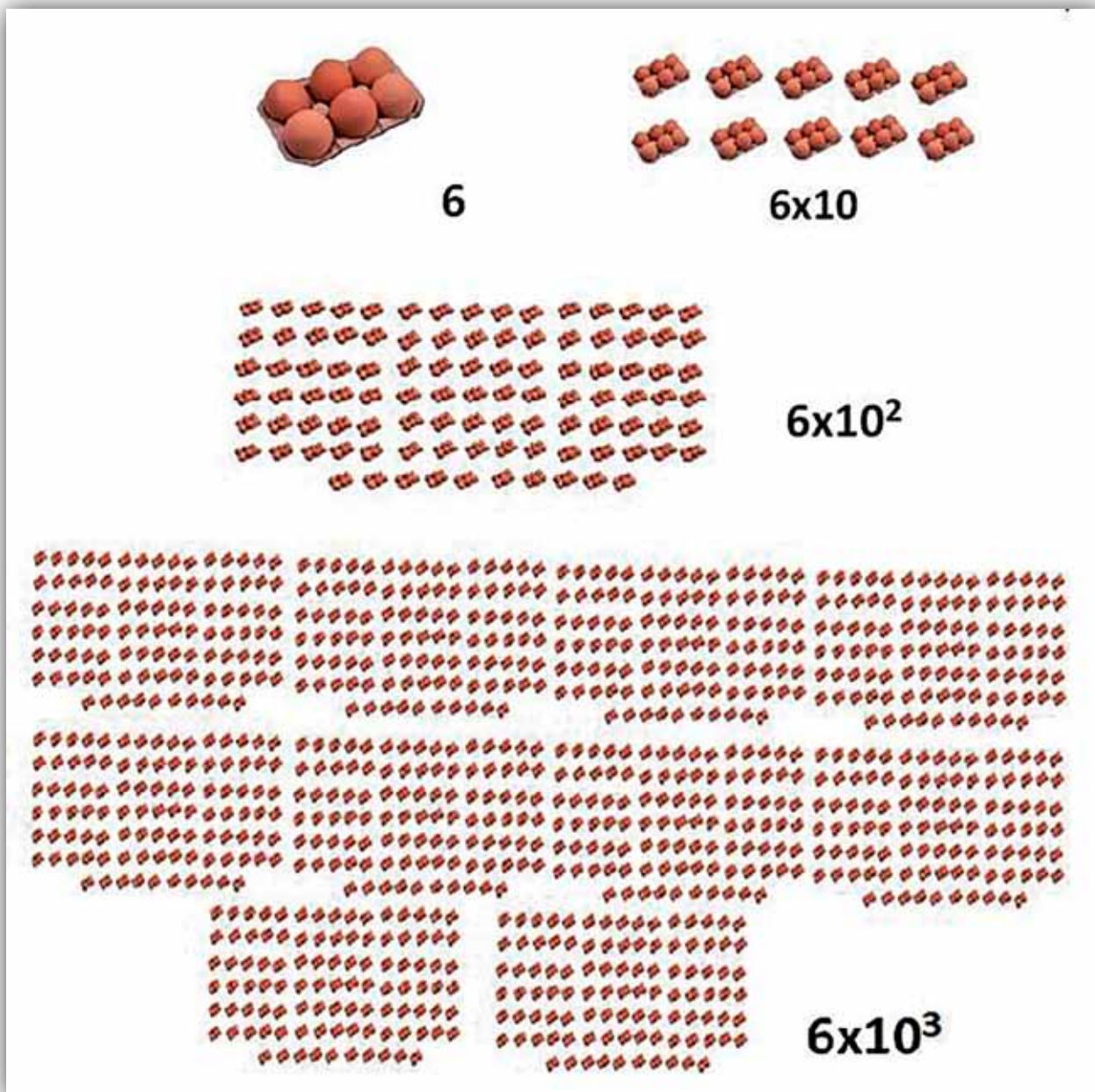


Figura 2. Aumento del número de huevos al aumentar la media docena sucesivamente en potencias de diez.

Se expuso a los alumnos de dónde proviene el número de Avogadro definiendo la unidad de masa atómica. Se debe destacar el hecho de que si empleáramos una unidad de masa diferente al kilogramo, esta constante tendría otro valor y que, por tanto, no se trata de un número «mágico».

También se explicaron las diferencias entre masa atómica, masa atómica relativa y masa molecular relativa, así como se definió masa molar y volumen molar, especificando cómo se relaciona la magnitud «cantidad de sustancia» con las magnitudes masa y volumen, respectivamente.

Finalmente, se propuso la resolución de ejercicios numéricos para que los alumnos tuvieran que realizar cálculos matemáticos, profundizando en el significado de la magnitud «cantidad de sustancia» y de su correspondiente unidad «el mol».

## MODELOS MOLECULARES EN HUEVERAS DE MEDIA DOCENA

Una vez que los alumnos entienden «el mol» y saben manejarlo en cálculos donde se relaciona la magnitud del que es unidad con otras magnitudes, es importante que vean el papel de este en las reacciones químicas.

Para ello, se les ha de proporcionar previamente nociones básicas sobre las reacciones químicas:

1. El concepto de reacción química y su diferencia con cambio físico.
2. El hecho de que en las reacciones químicas las transformaciones tienen lugar entre sustancias puras.
3. Los términos «reactivos» y «productos».
4. La ley de conservación de la masa de Lavoisier.
5. El resto de leyes ponderales, «ley de proporciones definidas», «ley de las proporciones múltiples», así como las hipótesis de Dalton y las leyes volumétricas.

No obstante, en cursos de ESO no se debe profundizar mucho en estas leyes, pero sí se debe destacar el hecho de que a través de hechos experimentales se demostró que en las reacciones químicas intervienen relaciones de números enteros sencillos y que estos, a su vez, demuestran la discontinuidad de la materia.

Conociendo estos aspectos de las reacciones químicas, se hizo reflexionar a los alumnos sobre la necesidad que existe en química de poder predecir la cantidad que se obtendrá de determinados productos a partir de cantidades determinadas de reactivos, y viceversa, las cantidades de reactivos necesarias para obtener la cantidad de un producto deseada. De este modo entenderán la necesidad de conocer la relación entre moles en una reacción química.

Entonces se propuso una actividad en la que se representa «un mol» de moléculas de una determinada sustancia química con una huevera de media docena. En cada hueco se introduce el modelo de una molécula de dicha sustancia, por lo que en cada huevera hay seis moléculas.

Estos modelos moleculares se realizaron con plastilina y palillos. Se diseñaron para diferentes moléculas químicas ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$  y  $\text{CH}_4$ ), diferenciando los átomos de cada elemento con colores y tamaños. Al diseñar las moléculas se mantuvo aproximadamente el tamaño relativo de los átomos ( $\text{Cl} > \text{C} > \text{O} > \text{H}$ ), así como la geometría de las moléculas (tetraédrica el metano y lineales las diatómicas y el dióxido de carbono).

Se dividió a la clase en cuatro grupos para que cada uno trabajara una reacción química diferente:

- Grupo 1: Reacción de formación del  $\text{HCl}$  (Figura 4).
- Grupo 2: Reacción de formación del  $\text{H}_2\text{O}$  (en este caso hay que proporcionarles también palillos extra debido a la formación de nuevos enlaces) (Figura 5).
- Grupo 3: Reacción de combustión del  $\text{CO}$  (Figura 6).
- Grupo 4: Reacción de combustión del  $\text{CH}_4$  (Figura 7).

A cada grupo se le entregaron las hueveras que representaban los moles de los reactivos. Para la segunda y tercera reacción los reactivos se entregaron en exceso, de forma que cada grupo tenía dos hueveras por cada reactivo.

En la pizarra tenían dibujadas representaciones de las moléculas que intervienen en estas reacciones químicas, con el propósito de que cuando crearan ellos los productos supieran los átomos de los que están formados estos compuestos y su geometría.

Al combinar átomos de reactivos para formar productos, rompiendo y formando enlaces, los alumnos manipulan lo que tiene lugar a nivel microscópico en una reacción química. Además colocando en las hueveras las moléculas formadas comprueban cuántos moles de productos se forman en la reacción.

Pudieron comprobar que las relaciones en que se combina una molécula son las mismas relaciones que cuando se combinan 6 moléculas y, razonando que serían también las mismas relaciones con  $6 \times 10^{23}$  moléculas, entienden qué sucede con los moles en una reacción química.

Para que siguieran este razonamiento se pidió que completaran una actividad (Figura 3) para cada reacción química.

	Reactivo	Reactivo	Reactivo
	H <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	HCl
moléculas	1		
moléculas	6		
moléculas	$6 \times 10^{23}$		
moles			

Figura 3. Ejercicio para que los alumnos completen y comprueben que en una reacción química la relación entre moles es la misma que la relación entre moléculas.

En la reacción de formación del H<sub>2</sub>O y combustión del CO se comprueba que se necesita el doble de alguno de los reactivos para poder formar los productos deseados. También se comprende el significado de reactivo en exceso al observar que, al formar un mol de moléculas de agua a partir de dos moles de H<sub>2</sub> y dos moles de O<sub>2</sub>, sobra un mol de este último compuesto.

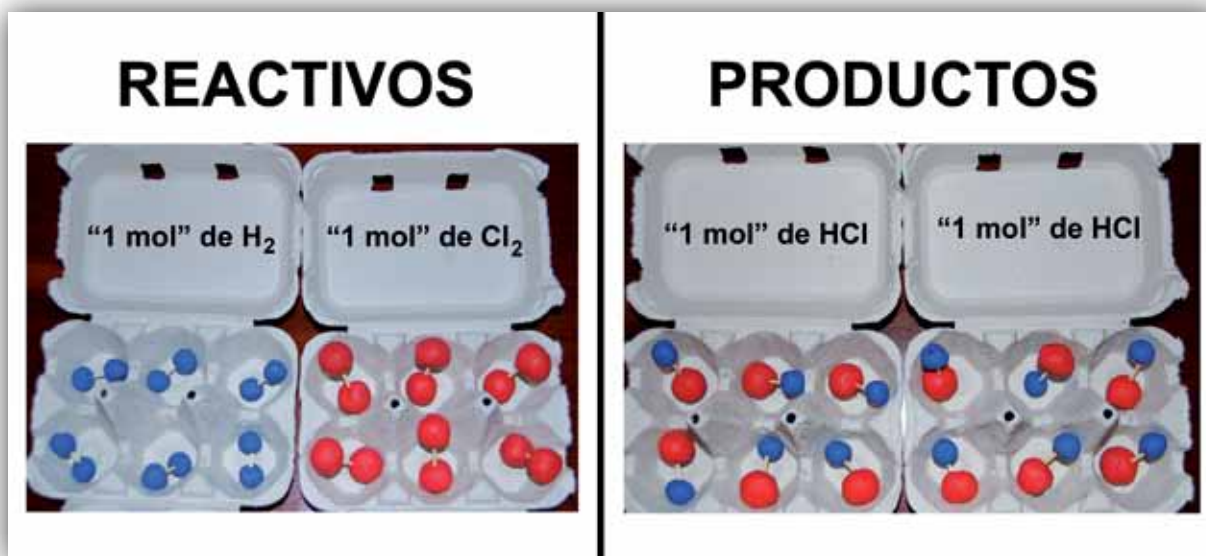


Figura 4. Modelos moleculares de plastilina y palillos en hueveras para la reacción de formación del HCl. Al combinar un mol de moléculas de H<sub>2</sub> con un mol de moléculas de Cl<sub>2</sub>, se obtienen dos moles de moléculas de HCl.

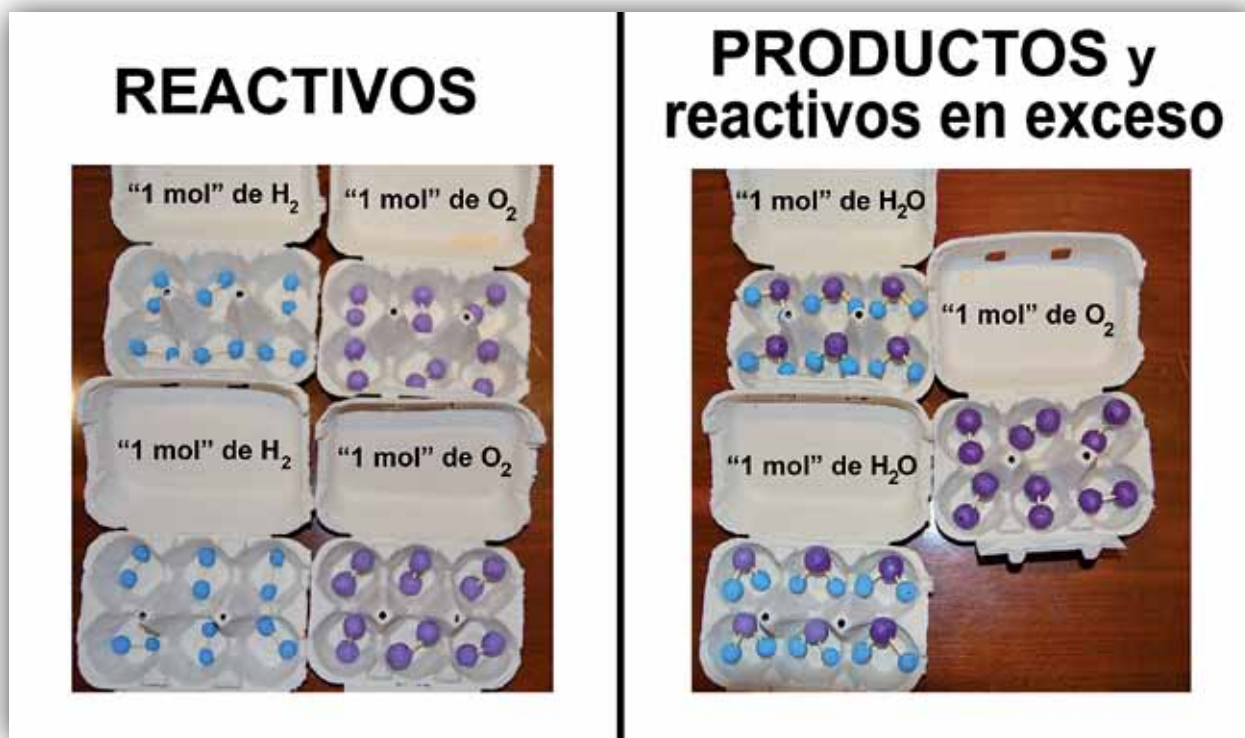


Figura 5. Modelos moleculares para la reacción formación del H<sub>2</sub>O. Permiten comprobar cómo al reaccionar dos moles de H<sub>2</sub> con dos moles de O<sub>2</sub>, se obtienen dos moles de H<sub>2</sub>O y queda sin reaccionar un mol de O<sub>2</sub>.

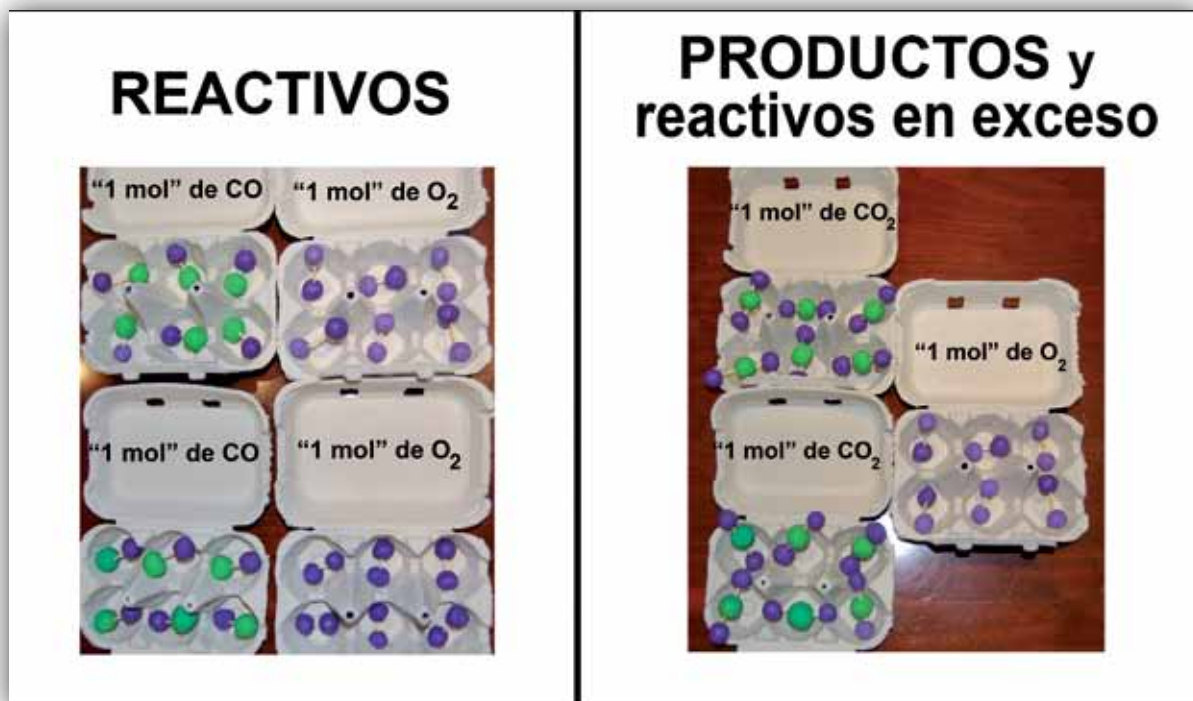


Figura 6. Modelos moleculares para la reacción de combustión del monóxido de carbono. Se comprueba cómo al reaccionar dos moles de CO con dos moles de O<sub>2</sub>, se forman dos moles de CO<sub>2</sub> y queda sin reaccionar un mol de O<sub>2</sub>.

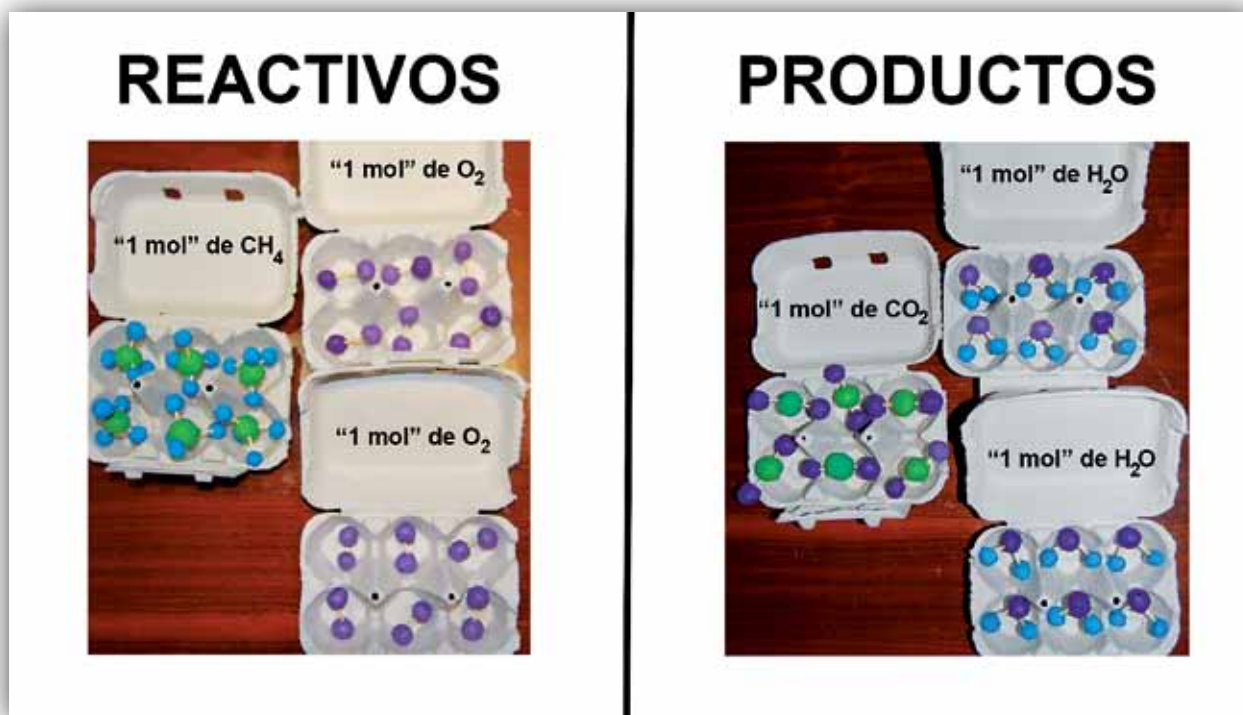


Figura 7. Modelos moleculares para la reacción de combustión del  $\text{CH}_4$ .  
Se comprueba que a partir de un mol de  $\text{CH}_4$  y dos moles de  $\text{O}_2$ ,  
se obtienen un mol de  $\text{CO}_2$  y dos moles de  $\text{H}_2\text{O}$ .

Por otra parte, además de trabajar la estequiometría de las reacciones, estos modelos moleculares en hueveras permiten profundizar en la diferencia que existe entre «mol de átomos» y «mol de moléculas».

Por ejemplo, el primer grupo pudo ver que en media docena de moléculas de  $\text{H}_2$  hay 12 átomos de H, lo que es lo mismo que dos medias docenas de átomos de H y, por tanto, concluir que en 1 mol de moléculas de  $\text{H}_2$  habrá 2 moles de átomos de H. De manera análoga pueden razonar para el resto de compuestos, siendo de especial interés el caso del  $\text{CH}_4$ , donde en un mol de moléculas hay un mol de átomos de C y 4 moles de átomos de H.

A cada alumno se le entregó una ficha con cuestiones. Trabajando cooperativamente en su equipo, fueron respondiendo a las cuestiones para diferenciar mol de átomos de mol de moléculas, y también sobre estequiometría, incluida la Tabla descrita previamente.

En la siguiente sesión, cada grupo tuvo que exponer y razonar a sus compañeros aquello que habían concluido de su reacción química, de forma que todos los alumnos pudieron conocer los casos particulares de las diferentes reacciones químicas y completar las cuestiones de todas las reacciones.

Finalmente, se explicó la estequiometría de las reacciones químicas. Los alumnos pudieron entender la finalidad del empleo de coeficientes estequiométricos para indicar en qué proporción intervienen los moles de reactivos y productos al haberlo comprobado previamente por ellos mismos.

## CONCLUSIONES

La analogía que explica el mol como la docena del químico presenta una gran limitación al identificar el mol con un número que representa un conjunto de entidades. No obstante, también ofrece la ventaja



didáctica de facilitar la enseñanza de un concepto tan abstracto al relacionarlo con la vida cotidiana. En la presente propuesta hemos aprovechado esta ventaja didáctica evitando su limitación.

Se ha tenido en cuenta la característica de los huevos de tener diferente masa según el tipo de huevo del que se trate, al igual que ocurre con los elementos químicos. De forma que explicando el mol mediante la analogía de la media docena de huevos de diferente tipo, los alumnos llegan a entender que un mol de una sustancia está relacionado tanto con un conjunto de entidades como con la masa de dicho conjunto, evitando su identificación con un número o con la magnitud masa.

El empleo de la media docena permite además relacionar esta analogía con el número de Avogadro de una forma muy visual, observando cómo va aumentando el número seis al aumentar las potencias de diez sucesivamente. Se recomienda utilizar otras analogías o estrategias, complementarias a esta, para que los alumnos entiendan la gran magnitud de este número, por ejemplo, animándoles a escribir un número de Avogadro de ceros para que vean que es imposible.

Por otra parte, la media docena permite manipular fácilmente modelos moleculares que representan un mol de moléculas de una sustancia en hueveras de media docena. Estos modelos ayudan a diferenciar «mol de moléculas» de «mol de átomos», y además mediante la combinación de medias docenas («moles») de distintas sustancias los alumnos descubren las relaciones entre moles de reactivos y productos en una reacción química, iniciándose de esta manera en el estudio de la estequiometría.

Se podría haber empleado la analogía de la docena en la primera parte correspondiente a su relación con los huevos de diferente tipo. Sin embargo, la docena no se podría haber relacionado con el número de Avogadro y hubiera sido más complicado su manejo en hueveras de doble tamaño. Por este motivo, se ha preferido emplear la analogía de la media docena desde el comienzo para que los alumnos se fueran familiarizando con ella.

Para llevar a cabo esta propuesta es fundamental fomentar la argumentación y la discusión por parte de los alumnos dirigiéndoles con preguntas. Además, en la actividad de las hueveras se ha de favorecer que esta argumentación y discusión se realice a través de trabajo cooperativo. Finalmente, una posterior exposición de cada grupo y un debate conjunto de toda la clase permite al docente comprobar el éxito de la estrategia viendo los aspectos que han entendido los alumnos. También permite continuar el proceso de enseñanza al guiarles en aquello que presente mayores dificultades.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al IES Miguel Delibes de Madrid y, en especial, a su profesor de Física y Química, Joaquín Esteban Revenga, la oportunidad de llevar a la realidad práctica este trabajo. Agradecemos, asimismo, a todos los alumnos que participaron activamente su interés mostrado.

# CHEMIE IM KONTEXT: UNA METODOLOGÍA DE CONTEXTUALIZACIÓN DE CONTENIDOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

David-Samuel Di Fuccia, Ignacio Sánchez Díaz

*Departamento de Didáctica de la Química, Universidad de Kassel  
Heinrich-Plett-Strasse 40. 34132 Kassel, Alemania*

difuccia@uni-kassel.de

isanchez@uni-kassel.de

**Palabras clave:** Química, didáctica de la Química, contexto, Educación Secundaria, Alemania.

**Keywords:** Chemistry, chemistry teaching, context, secondary education, Germany.

## Resumen

*Chemie im Kontext* (Química en contexto) es un proyecto que busca mejorar la enseñanza de la Química en los cursos 8-13 (12 a 17 años) del sistema alemán de educación general, y proporciona un marco de enseñanza contextualizado de la Química. Recoge guías, sugerencias, ejemplos y recopilación de material que los docentes pueden adaptar para construir sus propias lecciones.

En 2002 comenzó su implementación, y se investigaron qué factores facilitan o impiden su puesta en marcha. Los resultados relativos a la motivación de los estudiantes son prometedores.

Un grupo de investigadores de la Universidad de Kassel estamos interesados en comprobar su eficacia en los sistemas educativos español y argentino, mediante la adaptación de algunas unidades didácticas de *Chemie im Kontext* en Educación Secundaria.

## Abstract

*Chemie im Kontext* (Chemistry in context) is a project that aims to improve the chemical education in grades 8-13 (12 – 17 year old students) in the German secondary school system, and it is characterized by providing a context-based framework for chemistry teaching. It includes guides, suggestions, examples and collecting material that teachers can adapt to build up their own lessons.

In 2002 began its implementation, and it was assessed which factors hindered or promoted its start-up. The results of these investigations are very promising in terms of student motivation.

A group of researchers from the University of Kassel are working to test its effectiveness in the Spanish and Argentinian school system, by adapting some *Chemie im Kontext* didactic units for the secondary school level in these countries.

## ORIGEN

La publicación de los resultados de diversos estudios científicos en Alemania, a finales del siglo XX, puso de manifiesto que la enseñanza de las ciencias presentaba algunos aspectos que era necesario mejorar:

Los estudios internacionales PISA (Program for International Student Assessment) y TIMSS (*Third International Mathematics and Science Study*) indicaron que los alumnos alemanes en Educación Secundaria presentaban déficits en los niveles de competencia científica.

El estudio ROSE (*Relevance of Science Education*) mostró que los estudiantes son conscientes de que la ciencia tiene una relación con la sociedad y las condiciones de vida, pero no perciben la misma relevancia en la educación en ciencias que reciben en la escuela.

Existía, por lo tanto, una necesidad de mejorar la competencia científica del alumnado, y de conectar el aprendizaje de la Química con los estudiantes y sus vidas. Y en este sentido, las metodologías basadas en contextos presentan varios aspectos interesantes.

## METODOLOGÍAS BASADAS EN CONTEXTOS

Los currículos basados en contextos ofrecen una perspectiva más auténtica de la relevancia de la química en la vida diaria. En línea con las teorías constructivistas del aprendizaje, los contextos deben permitir que los alumnos perciban la relevancia y las posibles aplicaciones que tienen lo que han aprendido y, al mismo tiempo, unir los nuevos conceptos con sus conocimientos previos, intereses e ideas, permitiendo de este modo un exitoso proceso de aprendizaje.<sup>1</sup>

Conseguir que la educación científica sea interesante, auténtica y comprensible para los alumnos no es una tarea fácil. El desafío que supone *Chemie im Kontext* es ofrecer ejemplos de ciencia real y relevante (preguntas, conocimiento y actividades), que se pueden llevar a cabo en la escuela, y que conecte el conocimiento de la motivación de los estudiantes y las preconcepciones de las competencias y conceptos básicos en ciencia, más concretamente en química.

## COMPONENTES TEÓRICOS DEL DESARROLLO DE *CHEMIE IM KONTEXT*

Tres componentes teóricos que influyeron sobremanera en la base de la filosofía de *Chemie im Kontext* son los siguientes:<sup>2</sup>

### I. COMPETENCIA CIENTÍFICA:

La competencia científica, según se define en PISA, es «la capacidad para emplear el conocimiento científico, identificar preguntas y obtener conclusiones basadas en pruebas, con el fin de comprender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana produce en él».

<sup>1</sup> DE JONG, O. (2006), Making chemistry meaningful: conditions for successful context-based teaching. *Educación Química*, 17, 215-221.

<sup>2</sup> NENTWIG, P. M., DEMUTH, R., PARCHMANN, I., GRÄSEL, C. y RALLE, B. (2007). *Chemie im Kontext: Situating learning in relevant contexts while systematically developing basic chemical concepts*, *J. Chem. Educ.*, 84, 1439-1444.

Una de las metas de *Chemie im Kontext* es permitir que los alumnos desarrollen esta competencia científica, que les permita usar diferentes conceptos dependiendo del contexto y de la situación. Las cuatro áreas en las que *Chemie im Kontext* pretende desarrollar competencias científicas son las siguientes:

- Conocimiento de la materia: comprensión y aplicación de conceptos básicos.
- Metodologías científicas: fomento de los métodos de investigación (creando modelos, diseñando experimentos...).
- Comunicación: potenciar la capacidad de comunicación del alumnado (en temas científicos y en el día a día).
- Debate y razonamiento: participación en los procesos de toma de decisiones.

## 2. TEORÍAS DE LA MOTIVACIÓN

Para desarrollar la competencia científica hay que tener en cuenta cómo motivar a los alumnos para facilitar el aprendizaje. ¿Qué factores pueden fomentar la motivación intrínseca de los estudiantes en el aula? En el diseño de *Chemie im Kontext* se utilizaron seis aspectos para diseñar y analizar las situaciones del aprendizaje:

- i. Relevancia del contenido teórico.
- ii. Apoyo a la autonomía del estudiante.
- iii. Percepción de competencia.
- iv. Relevancia social.
- v. Calidad de la instrucción.
- vi. Entusiasmo del profesor.

El proceso de aprendizaje está basado en trabajos en grupo y en actividades dirigidas por los estudiantes, y esto proporciona a los alumnos más autonomía, ya que están implicados en el proceso de planificar y elaborar los temas.

## 3. TEORÍAS DEL APRENDIZAJE SITUADO

Las aproximaciones del «aprendizaje situado» consideran, en la tradición constructivista, que el proceso de aprendizaje es una construcción activa de conocimiento. Para evitar la acumulación de conocimientos aislados, que solo se relacionan con la situación en la que han sido enseñados, las teorías del aprendizaje situado proponen la revisión del conocimiento en contextos distintos, usándolo en situaciones diferentes pero análogas.

## EL DESARROLLO DE *CHEMIE IM KONTEXT*: COMUNIDADES DE APRENDIZAJE

Las comunidades de aprendizaje son grupos de trabajo conjunto, formados por personal docente de centros educativos y por investigadores de departamentos de didáctica de la Química de distintas universidades. Estos grupos de trabajo se establecieron inicialmente en 12 de los estados federales de Alemania. La estructura, metas y efectos de las comunidades de aprendizaje permiten el adecuado desarrollo e implementación de enfoques innovadores, ofreciendo una oportunidad para el desempeño profesional.

El objetivo era trabajar con el material proporcionado por *Chemie im Kontext*, y usarlo para el desarrollo de nuevas unidades didácticas, y que los docentes probaran su eficacia en clase. La experiencia propor-

cionada por estos se trataban en reuniones posteriores, y se optimizaban las unidades didácticas, las guías con instrucciones para su implementación y la información proporcionada.

Estas comunidades de aprendizaje permiten una simbiosis entre docentes de los centros escolares y los investigadores de los departamentos de didáctica de las universidades.

Por una parte, los profesores tenían que enfrentarse a veces con diferentes teorías de aprendizaje y enseñanza de las que habían estudiado, tratar con datos empíricos y discutir su impacto en sus propias tradiciones didácticas. Suponía una oportunidad para observar de una manera crítica su propia manera de enseñar y de reflejar sus propias creencias. Además, los profesores tenían acceso a las estructuras de otras escuelas (en Alemania el sistema educativo puede diferir de un estado federal a otro).

Por otro lado, los investigadores obtenían un conocimiento profundo y de primera mano sobre los sistemas de creencias, la forma de pensar, limitaciones y actuaciones de los profesores y sus entornos de trabajo. Pudieron desarrollar procesos de investigación relevantes, como tesis doctorales, y dar apoyo al profesorado con información y material educativo.

### MARCO DE *CHEMIE IM KONTEXT*

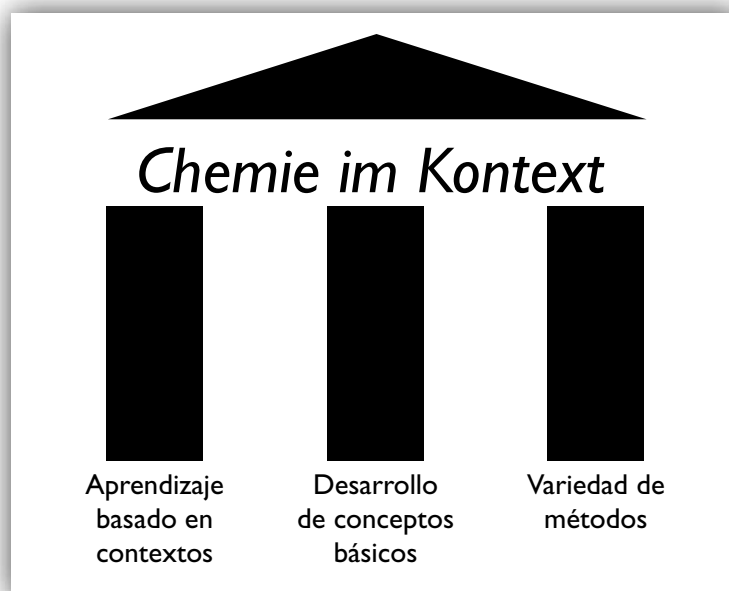


Figura 1: Los tres pilares de *Chemie im Kontext*.

El marco conceptual de *Chemie im Kontext* está formado por tres pilares, como puede observarse en la Figura 1:

#### I. APRENDIZAJE BASADO EN CONTEXTOS

El punto de partida de cada unidad educativa es una pregunta o un tema que es relevante para los estudiantes. Se seleccionan teniendo en cuenta alguno o varios de los puntos siguientes:

- Situaciones de la vida diaria (relevantes para los alumnos como individuos, como pueden ser temas de alimentación y productos de limpieza).
- Aspectos que son importantes para la sociedad (como los problemas derivados de los combustibles fósiles, el efecto invernadero...).

- Temas científicos y técnicos (como el desarrollo y evaluación del coche de hidrógeno).

Es importante señalar que el contexto no es un mero truco para atraer a los alumnos al principio de la lección hacia el campo de la química. Tampoco es algo que se añade al final de la lección para ilustrar mejor la materia del tema. El contexto es el hilo conductor de la lección, a través del cual se van a desarrollar las actividades e investigaciones de la misma. Se comienza con los conocimientos previos del alumno; a través de sus preguntas e intereses se van a planificar las actividades de la unidad didáctica, para posteriormente relacionarlo con tantas experiencias del mundo real como sea posible, a la vez que se profundiza en los conocimientos teóricos.

El número de contextos que se han desarrollado para el equivalente a la ESO (Sekundarstufe I) y el Bachillerato (Sekundarstufe II) en Alemania es bastante grande. Para el nivel equivalente a Bachillerato, el libro de texto presenta trece grandes bloques, cada uno de ellos con ocho contextos distintos:<sup>3</sup>

1. Alcohol polifacético
2. Limpieza y aseo
3. Discutiendo sobre combustibles
4. El dióxido de carbono en el punto de mira
5. Herrumbre sin pausa
6. Fuentes energéticas para un mundo en movimiento
7. Edad de piedra, edad de hierro, edad de plástico
8. La basura será valiosa
9. ¿Alimentos para 8.000 millones de personas?
10. Química en el ser humano
11. La química de la vida
12. Una boca llena de química
13. El mundo es multicolor

Por ejemplo, el primer bloque, «alcohol polifacético», está estructurado de manera que proporciona a los alumnos una toma de contacto con la química orgánica. Incluye los contenidos curriculares de alcoholes, ácidos carboxílicos y ésteres. Entre los contextos utilizados se encuentran: la producción del vino; la destilación y fabricación de cerveza; consecuencias de la presencia de sustancias alcohólicas en el cuerpo humano; aplicaciones del alcohol distintas de su uso en bebidas alcohólicas; formación y utilización de otros compuestos a partir de alcoholes...

Para el nivel equivalente a ESO, se han editado, hasta la fecha, nueve libros. En cada uno se presenta un tema general, y dentro de éste se incluyen distintos contextos en los que se pueden desarrollar los contenidos teóricos que marca el currículum. Los títulos de estos son los siguientes:

1. La química sustituye al catador
2. El agua, familiar y extraña
3. Combustiones deseadas, efectos indeseados
4. Sales, preciosas y vitales

<sup>3</sup> DEMUTH, R., PARCHMANN, I. y RALLE, B. (eds.). (2006). *Chemie im Kontext – Sekundarstufe II*. Berlín, Cornelsen, pp. 5-7.

5. Metales, variados e indispensables
6. Ácidos y bases, no solo corrosivos
7. ¿No es una pena quemar petróleo?
8. La corriente eléctrica a través de la química
9. De productos naturales a productos de alto rendimiento

## 2. DESARROLLO DE CONCEPTOS BÁSICOS

La metodología de *Chemie im Kontext* describe 6 conceptos básicos de química como guías sobre las que se van a desarrollar los contextos. Son los siguientes:

- i. Concepto de partícula y materia
- ii. Relaciones entre estructuras y propiedades
- iii. Energía y entropía
- iv. El concepto dador-acceptor
- v. El equilibrio químico
- vi. La cinética de reacción

Los tres últimos puntos a veces se combinan en un único marco de conceptos de reacciones químicas.

Siguiendo la teoría del aprendizaje situado, los nuevos conceptos se pueden articular y desarrollar en situaciones y contextos distintos. Así, el concepto donador-acceptor se ve en las unidades de «usos del alcohol», se retoma en la dedicada a «materiales de limpieza y aseo», se vuelve a usar en la unidad dedicada a procesos de corrosión, etc. Esto permite que los alumnos aprendan conceptos químicos básicos al repetirlos y visitarlos en diferentes situaciones con distintas perspectivas. Se sigue una estructura de currículum en espiral, en lugar de un currículum lineal.

## 3. VARIEDAD DE MÉTODOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

El uso de diversos métodos de enseñanza y aprendizaje es uno de los elementos clave para que una educación química tenga éxito, porque:

- a) Considera la diversidad de intereses, conocimientos previos, capacidades y estilos de aprendizaje, y
- b) Ofrece a los alumnos situaciones en las cuales pueden desarrollar y aplicar competencias en las cuatro áreas que se han visto previamente.

La metodología de *Chemie im Kontext* proporciona a los docentes y alumnos los recursos necesarios para estimular las actividades de aprendizaje, como son recopilaciones de material, experimentos, acceso a material multimedia... La particularidad de *Chemie im Kontext* es que estas actividades de aprendizaje están dirigidas por los propios alumnos, y solo necesitan el apoyo del profesor en caso necesario. Las actividades pueden desarrollarse individualmente o en pequeños grupos de trabajo. Tienen lugar en el aula, el laboratorio, la biblioteca... Pueden ser experimentos, discusiones en grupo e investigaciones a través de Internet, entre otros.

Idealmente, cada unidad didáctica sigue una metodología en cuatro fases:<sup>4</sup>

a. Fase de contacto

Aquí se presenta el contexto a los alumnos. Estos articulan sus propias ideas y sus conocimientos previos sobre el tema. Tiene lugar una formulación de preguntas sobre el tema, que servirán de base para el desarrollo de las siguientes fases.

b. Fase de curiosidad y planificación

Los alumnos formulan preguntas sobre el contexto y desarrollan estrategias de investigación para explorar el tema. Las concepciones previas se confrontan con nuevas situaciones. Se prepara y se planifica el trabajo de investigación.

c. Fase de elaboración

Los estudiantes llevan a cabo la investigación, individualmente o en grupos. Se presentan los resultados y se comprueban las hipótesis que se habían planteado previamente.

d. Fase de profundización y conexión

El contenido de la unidad se relaciona con otros contextos, conectando el conocimiento recién adquirido con los conocimientos previos que tenían los alumnos.

Estas cuatro fases van a permitir el desarrollo de distintas competencias durante la unidad didáctica. En la *Figura 2* se indican los puntos donde se fomentan las siguientes competencias:

- **Competencia «conocimiento de la materia»**
- *Competencia «comunicación»*
- *Competencia «metodologías científicas»*
- **Competencia «debate y razonamiento»**

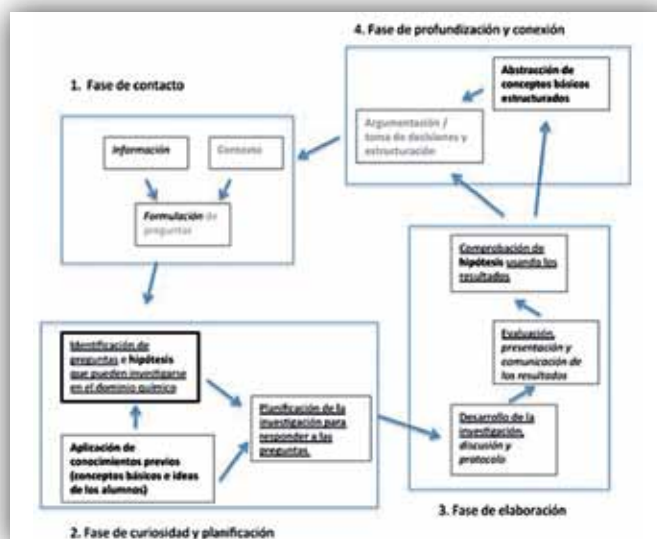


Figura 2. Desarrollo de competencias en las distintas fases de *Chemie im Kontext*.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> PARCHMANN, I. (2009). *Chemie im Kontext: one approach to realize science standards in chemistry classes?* *Educació Química*, 2, 24-31.

<sup>5</sup> DEMUTH, R., PARCHMANN, I. y RALLE, B. (eds.) (2007). *Handreichungen für den Unterricht. Chemie im Kontext – Sekundarstufe II*. Berlín: Cornelsen, p. 9.



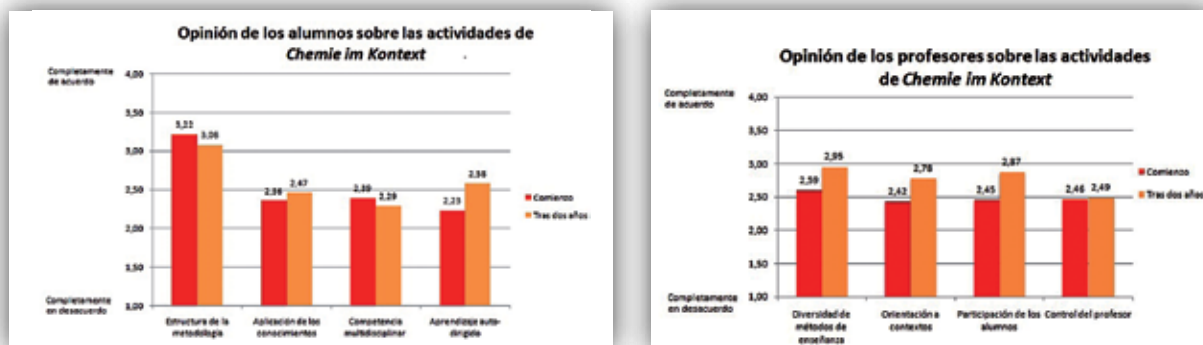
## RESULTADOS DE *CHEMIE IM KONTEXT*

Algunos de los resultados obtenidos en evaluaciones del programa *Chemie im Kontext* muestran, en un pre- y post-estudio,<sup>6</sup> efectos significativamente positivos en relación con la percepción de los estudiantes sobre la relevancia que tiene la química en el día a día. Al comparar la motivación en un grupo de control, que usa una metodología más tradicional ( $n_1=183$ ), y un grupo de intervención, que utiliza la metodología de *Chemie im Kontext* ( $n_2=216$ ), puede observarse que, siendo la motivación similar en ambos grupos al inicio del estudio, al final del año escolar la motivación disminuye significativamente más en el grupo que no utiliza la metodología de *Chemie im Kontext*. Transcurridos dos años, la motivación de todos los alumnos participantes en *Chemie im Kontext* fue significativamente mayor que la que tenían al inicio del proyecto.

Respecto de la perspectiva de género, no se han encontrado diferencias significativas en los resultados de chicos y chicas.<sup>7</sup>

En relación con las actividades llevadas a cabo en clase, un grupo de 58 profesores del proyecto «hermano» *Physik im Kontext* (Física en contexto) observó diferencias significativas al comparar los resultados medidos al inicio del proyecto con los obtenidos tras dos años usando esta metodología. Así, la conexión entre los nuevos conocimientos adquiridos y los ya existentes es significativamente mayor al utilizar la metodología de contextos. La percepción sobre el aprendizaje auto-responsable de los alumnos también cambia significativamente, siendo mayor a los dos años.<sup>8</sup>

Las actividades dirigidas por alumnos son uno de los aspectos más característicos de esta metodología, y uno de los que pueden suscitar, a priori, un rechazo más grande por parte de los docentes. Tras analizar las respuestas de 788 alumnos, Di Fuccia y col.<sup>9</sup> mostraron que la percepción que estos tienen sobre la existencia de un aprendizaje autodirigido es significativamente mayor si se usa la metodología de *Chemie im Kontext* que si se utiliza una enseñanza más tradicional (Figura 3).



Figuras 3 y 4. Comparación de la percepción de los alumnos y docentes al comienzo del proyecto de *Chemie im Kontext* y a los dos años.

<sup>6</sup> PARCHMANN, I., GRÄSEL, C., BAER, A., NENTWIG, P., DEMUTH, R., RALLE, B. y el grupo del PROYECTO CHIK (2006). «Chemie im Kontext»: a symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach, *Int. J. Chem. Educ.*, 28, 1041-1062.

<sup>7</sup> NENTWIG, P. M., DEMUTH, R., PARCHMANN, I., GRÄSEL, C. Y RALLE, B. (2007). Chemie im Kontext: Situating learning in relevant contexts while systematically developing basic chemical concepts, *J. Chem. Educ.*, 84, 1439-1444.

<sup>8</sup> MIKELSKIS-SEIFERT, S., Y DUIT, R. (2008). Physics teacher professional development in the project Physics in Context. En NARST, Ed., Proceedings of the Annual International Conference «Impact of Science Education Research on Public Policy», Baltimore, MD, National Association for Research in Science Teaching, CD-ROM.

<sup>9</sup> DI FUCCIA, D., SCHELLENBACH-ZELL, J. Y RALLE, B. (2007). Chemie im Kontext: Entwicklung, Implementation und Transfer einer innovativen Unterrichtskonzeption, *MNU*, 60, 274-282.

Por otra parte, las investigaciones de Fussangel y col.<sup>10</sup> indican que los docentes consideran que el uso de esta metodología no implica que exista una pérdida de control por parte del profesor. Sí que percibieron una mayor diversidad en los métodos de enseñanza empleados, así como una participación de los estudiantes significativamente mayor que con metodologías tradicionales (*Figura 4*).

En una adaptación a pequeña escala llevada a cabo en la Universidad de Gröningen, en Holanda, se obtuvieron buenos resultados, mostrando un aumento en la motivación de los alumnos y un buen manejo en los conceptos químicos tratados con esta metodología.<sup>11</sup>

## ADAPTACIÓN DEL PROYECTO EN ESPAÑA Y ARGENTINA

Actualmente, un grupo de investigadores de la Universidad de Kassel, en Alemania, estamos trabajando en un proyecto para ver las posibilidades de adaptación de esta metodología en España y Argentina.

La idea es crear un grupo de trabajo en cada país, con docentes de varios centros educativos, en el que se pueda adaptar y diseñar las unidades didácticas y, posteriormente, medir su eficacia y corregir aquellos aspectos susceptibles de mejora. Al igual que ocurrió con las comunidades de enseñanza que se crearon en Alemania para el diseño del material educativo original, la participación de los docentes desde el principio es fundamental, ya que de esta forma se sienten parte del proyecto y consideran que el material desarrollado también es suyo.

Comenzaremos con la adaptación de las unidades didácticas que ya están diseñadas en Alemania. Para ello, traduciremos el material e iremos probándolo en clases de Química de 3.º y 4.º de la ESO en el curso 2014-2015.

En España, tanto la ley educativa de aplicación actual (LOE) como la que se implantará en los próximos años (LOMCE) abogan por una «contextualización de contenidos para que los alumnos conecten con su entorno más inmediato, y sus intereses presentes y futuros». Además, en el borrador del currículo de la LOMCE, tanto en la asignatura de Física y Química de 2.º, 3.º y 4.º de la ESO, y de 1.º de Bachillerato, como en la asignatura de Química de 2.º de Bachillerato, uno de los bloques de contenidos se dedica, en todos los cursos, a la actividad científica. Una metodología como *Chemie im Kontext* permitiría que este bloque de contenidos, que incluye la formulación y validación de hipótesis, la investigación, desarrollo de modelos, etc., se desarrollara en cada unidad didáctica a lo largo del curso.

Consideramos que se dan las condiciones para realizar una adaptación de esta metodología a pequeña escala, con el fin de elaborar un análisis cualitativo sobre la motivación en alumnos y profesorado. Los buenos resultados cosechados tras su puesta en práctica en Alemania nos hacen ser optimistas.

<sup>10</sup> FUSSANGEL K., SCHELLENBACH-ZELL, J. Y GRÄSEL, C. (2008). Die Verbreitung von Chemie im Kontext: Entwicklung der symbiotischen Implementationsstrategie. En DEMUTH, R., GRÄSEL, C., PARCHMANN, I., Y RALLE, B. (editores), *Chemie im Kontext: von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*, Münster, Waxmann, pp. 49-81.

<sup>11</sup> APOTHEKER, J. (2008). Chemie im Kontext im Holland. *Chemkon*, 15, 131-134.



# MATERIALES DIDÁCTICOS EN GEOLOGÍA: EXPERIENCIA EDUCATIVA EN LAS AULAS DE SECUNDARIA

Margarita Escribano Ródenas

*Departamento de Biología y Geología*  
IES Los Olivos. c/ Joan Miró, 1. 28840 Mejorada del Campo (Madrid)  
sirenita13mer@yahoo.es

**Palabras clave:** Fenómenos geológicos externos, Educación Secundaria Obligatoria, enseñanza de la Geología, maquetas de fenómenos geológicos externos.

**Keywords:** External geological phenomena, secondary school, teaching Geology, models of external geological phenomena.

## Resumen

El objetivo de este trabajo ha sido la construcción de maquetas que representan fenómenos geológicos externos en la enseñanza de la Geología para alumnos de tercer nivel de Educación Secundaria Obligatoria. Nuestro propósito ha sido estudiar distintos paisajes geomorfológicos (kárstico, glaciar, eólico, litoral...) con métodos pedagógicos diferentes para facilitar el aprendizaje de nuestros alumnos. Esta experiencia educativa ha permitido una participación activa de los alumnos, que han elaborado las maquetas y han actuado como monitores de sus compañeros y de toda la comunidad educativa.

## Abstract

The aim of this work has been to carry out mock-ups that represent external geological phenomena in learning Geological History of Earth Science for 3rd year Secondary school students. Our purpose has been to study different geomorphological landscapes (Karstic, Glaciar, Eolian, Shore...) with different pedagogical methods for an easy learning and comprehension of our students. This teaching experience has allowed an active participation of students, who have built the mock-ups and have behaved as instructors for their class mates and for all educative community.

## INTRODUCCIÓN

Cuando abordamos ciertos temas geológicos en Secundaria (el tiempo geológico, historia geológica, modelados del relieve, entre otros), los docentes nos enfrentamos a la ausencia de materiales didácticos

en los centros educativos que nos ayuden a conseguir un aprendizaje significativo de los contenidos geológicos en nuestros alumnos.<sup>1</sup>

Este trabajo se centra en la unidad didáctica «El modelado del relieve», que se encuentra dentro de la asignatura Biología y Geología de 3.º de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO). Se trata de una parte de la geología que aborda los agentes geológicos externos, como son el agua, el viento, el hielo, el mar y su función modeladora del relieve terrestre.

Se pretende que los alumnos de 3.º de ESO pasen de ser meros receptores de información a ser protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje. El alumno construye su propio conocimiento con ayuda de las herramientas que le proporciona el profesor; que hace de guía y orientador en este proceso.

La experiencia educativa ha consistido en la construcción por parte de los alumnos de modelos-maquetas representativas de los diferentes modelados del relieve, que les ayuden a mejorar el nivel de conocimientos de los estudiantes a través de recursos más idóneos y accesibles, a fin de implicar al alumnado en su propio aprendizaje de las ciencias geológicas. Los alumnos utilizaron estos materiales didácticos para aprender de forma divertida, así como para explicar a sus compañeros los trabajos realizados y los conocimientos adquiridos.

La construcción y manipulación de modelos reducidos por nuestros estudiantes no solo tiene un valor indiscutible en la enseñanza de las ciencias, sino que presenta un alto grado de motivación de nuestros alumnos debido a la gran fuerza didáctica que tiene esta metodología.<sup>2</sup>

Esta actividad escolar ha aumentado tanto la iniciativa como la creatividad y el nivel de participación de los alumnos del nivel de 3.º de la ESO. Por ello, este tipo de proyectos es una propuesta alternativa a la enseñanza tradicional, sobre todo para los profesores que reconocen la importancia de la participación de los alumnos en su propio aprendizaje, visto como un proceso de construcción individual interno por parte de cada uno de ellos.

Tenemos que señalar que los materiales didácticos contruidos fueron mostrados posteriormente en una exposición que tuvo por nombre «Evolución» y que se llevó a cabo al principio del último trimestre escolar. Estos materiales se han reutilizado en otros cursos escolares, obteniéndose un gran rendimiento pedagógico.

## CONTEXTO DE LA EXPERIENCIA

La actividad educativa se realizó en el IES Los Olivos de Mejorada del Campo, en Madrid. En el centro se imparten las siguientes enseñanzas: Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato (Ciencias, Humanidades y Sociales) y Formación Profesional (Ramas Administrativa y Eléctrica).

Hay que destacar que la mayoría de los alumnos de este instituto proceden de familias con nivel socio-económico-cultural bajo. En este centro existe entre un 15% y un 20% de inmigrantes procedentes sobre

<sup>1</sup> BRUSI, D., PALLÍ, L. Y MAS, J. (1994). El espacio y el tiempo en geología. *Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. Vol. 2, N.º Extra, pp. 44-53. ESCRIBANO RÓDENAS, M. (2008). La medida del tiempo geológico: un reto en Secundaria. *Cuadernos del Museo Geominero*. N.º 11, pp. 119-127. Instituto Geológico y Minero de España. LEBRÓN MORENO, J. A., GIL CID, M. D., Y CALONGE, A. (2008). Crisis biológicas: una aproximación al concepto de tiempo. *Cuadernos del Museo Geominero*, N.º 11, pp. 241-253. Instituto Geológico y Minero de España.

<sup>2</sup> LÓPEZ-MARTÍN, J. A., ANDREU, J. M., ALFARO, P. Y GONZÁLEZ-HERRERO, M. (2008). Actividades didácticas empleando modelos a escala de acuíferos. *Cuadernos del Museo Geominero*, N.º 11, pp. 255-265. Instituto Geológico y Minero de España.

todo de países suramericanos y centroeuropeos (la mayor parte rumanos), debido a la situación geográfica y de comunicación con Madrid capital.

La profesora organizadora de la experiencia es titular y pertenece al Departamento de Biología y Geología.

Esta experiencia está dirigida hacia los alumnos de 3.º de la ESO (14-15 años) y se ha enmarcado dentro de la asignatura obligatoria de Biología y Geología, correspondiendo a la parte geológica y a la unidad didáctica «El modelado del relieve», que pertenece al tema 8 de la programación docente de la asignatura de Biología y Geología, con un total de 52 alumnos implicados de los grupos A y B de 3.º de la ESO, durante el curso escolar 2012/13.

## OBJETIVOS

El objetivo general que se propuso fue que los alumnos conocieran los principales modelados del relieve. Los objetivos específicos han sido los siguientes:

1. Comprender los siguientes conceptos: meteorización y tipos, fenómenos de erosión, transporte y sedimentación, factores que influyen en el modelado del relieve (clima, tipo y disposición de las rocas, vegetación).
2. Conocer los distintos modelados del relieve (kárstico, glaciar, fluvial, aguas salvajes, eólico, litoral, aguas subterráneas) a través de maquetas realizadas por los alumnos.
3. Reconocer las principales estructuras geomorfológicas en cada relieve.
4. Enriquecer el vocabulario del alumno en términos geológicos.
5. Aumentar la capacidad de comunicación por parte de los alumnos al explicar a sus compañeros sus trabajos.
6. Construir maquetas por parte de los alumnos que representen los distintos paisajes geomorfológicos más importantes.
7. Reutilizar las maquetas en futuros cursos escolares y en otras actividades como materiales didácticos.

## MATERIAL

El material utilizado ha sido escogido por los alumnos de cada grupo, ya que así se sentían más cómodos a la hora de realizar las maquetas.

1. Cartón, plastilina, madera, corcho blanco, cartón ondulado, madera tallada.
2. Papel de periódico, papel de cocina, papel celofán, papel charol, papel craf, pasta de papel, papel de embalar, papel de seda.
3. Arena, piedras, arcilla, tierra.
4. Cola blanca, témperas, ceras, pintura al óleo, alquil, rotuladores, musgo, serrín, viruta de sacapuntas, palillos, silicona, plástico.
5. Serruchos, seguetas, cúteres, pinceles y botes de cristal.

## METODOLOGÍA

La metodología empleada ha sido activa y participativa. El método enseñanza-aprendizaje utilizado se caracteriza por el trabajo en grupos pequeños y heterogéneos de alumnos que se brindan ayuda entre

los distintos miembros del grupo para lograr metas comunes de aprendizaje. Así, los más desfavorecidos se verán beneficiados de la ayuda de los más competentes, y estos últimos reforzarán sus conocimientos mediante la verbalización y la explicación de lo que ya saben a sus compañeros.

Cada grupo elaboró su maqueta con el apoyo del profesor a través de la ayuda en técnicas de organización y dirección de la enseñanza en el aula: a) trabajo en grupo, b) relación entre compañeros cercana con ayuda mutua, c) puesta en práctica de habilidades sociales (hablar en público), d) desarrollo de habilidades grupales como la escucha, la participación, el liderazgo, la coordinación de actividades, e) responsabilidad individual junto a la colectiva grupal y f) gestión del tiempo.

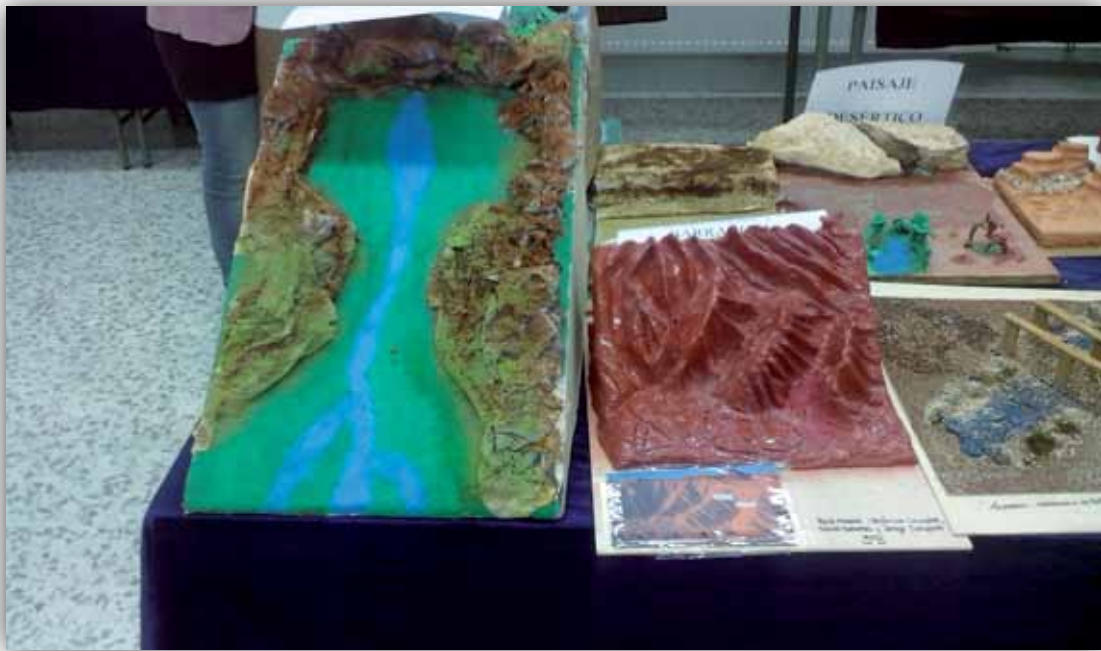


Figura 1. Modelado por aguas salvajes (cárcavas, barrancos y torrentes).

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Para realizar esta experiencia educativa se dividieron las clases de cada uno de los dos grupos de 3.º de ESO en ocho grupos de trabajo, ya que la unidad didáctica presentaba ocho modelados distintos del paisaje (kárstico, glaciar, fluvial, aguas salvajes –cárcavas, barrancos y torrentes–, eólico, litoral y aguas subterráneas). En cada uno participaron tres o cuatro alumnos, dependiendo de la complejidad del modelado y del interés por el mismo. Cada grupo creó y elaboró sus maquetas con el material diverso citado anteriormente, que fue elegido por ellos. Estas maquetas representativas de los modelados apoyaron el estudio y la comprensión por parte de los alumnos de los distintos paisajes geomorfológicos.

La experiencia educativa se realizó durante todo el curso. Se comenzó a estudiar con los alumnos los contenidos de la evaluación correspondientes al tema 8 «El modelado del relieve» de su libro de texto de 3.º ESO de la editorial Anaya (2011) durante el primer trimestre del curso, ya que se decidió en el Departamento de Biología y Geología empezar el curso escolar por las unidades didácticas correspondientes a Geología.

Los grupos de trabajo para la elaboración de las maquetas se establecieron en el segundo trimestre, a lo largo de una semana en el mes de febrero, en horario lectivo (dos sesiones en 3.º ESO). Durante este tiempo se repartió la tarea entre los alumnos participantes en la actividad extraescolar:

Para llevar a cabo las maquetas se permitió una asistencia flexible de una hora de duración los martes y jueves a séptima hora (no lectiva para el alumnado) durante dos meses en el segundo trimestre. El tiempo dedicado por parte de cada grupo de alumnos para realizar sus maquetas dependía de muchos factores (complejidad de la maqueta, interés, motivación, dedicación, etc.). Todos estos factores se tuvieron en cuenta para evaluar los resultados (*Figuras 1, 2, 3 y 4*).



*Figura 2.* Modelado litoral, kárstico y aguas subterráneas.

El material empleado para la construcción de las maquetas fue muy diverso, creando un agravio comparativo con los alumnos. En un principio se permitió cualquier tipo de material, teniéndose como fin no limitar la creatividad e iniciativa de cada grupo de trabajo. Los resultados fueron muy diversos. Algunos alumnos emplearon materiales muy baratos y fáciles de conseguir y no por ello sus maquetas desmerecieron al resto; pero algunas, debido a lo vistoso y caros que eran los materiales, provocaron un pequeño malestar con ello. De esta experiencia hemos aprendido que es necesario acotar el tipo de material que se debe emplear en este tipo de experiencias educativas.

En horario lectivo, los alumnos de 3.º ESO se convirtieron en monitores-guías para explicar y describir sus maquetas a sus propios compañeros de clase al principio del tercer trimestre. La duración de la intervención de los alumnos fue de cinco a ocho minutos por grupo, extendiéndose durante una semana (dos sesiones).

No hay que olvidar que las maquetas estuvieron presentes dentro de una exposición, denominada *Evolución* (*Figuras 5, 6 y 7*), que duró dos días (21 y 23 de mayo de 2013). Los alumnos que llevaron a cabo las maquetas fueron guías que explicaban las mismas en dicha exposición. Para no perder clase, se ofreció a toda la comunidad escolar visitar la exposición por la tarde. Se elaboró un díptico invitando a todos los alumnos del centro, a los profesores, a los padres, a otros institutos, colegios de la zona y a la Ilma. Sra. Alcadesa de Mejorada del Campo junto con el concejal de Cultura. Para evitar aglomeraciones se organizaron las visitas por grupos de clase y horas durante la tarde.





Figura 3. Paisaje fluvial y glaciar.

### EVALUACIÓN DOCENTE DE LA ACTIVIDAD

Los alumnos de 3.º ESO fueron evaluados con una calificación que se añadió a los demás aspectos de la evaluación continua de la asignatura de Biología y Geología. La calificación se obtuvo teniendo en cuenta 1) la participación en el conjunto de la actividad, 2) su interés hacia la misma, 3) la predisposición al trabajo en equipo, 4) la consulta de las fuentes de información de los modelados geomorfológicos, 5) la realización de las maquetas (la creatividad, la calidad del acabado y el número de horas utilizadas) y 6) su colaboración en los dos días que duró la exposición como monitores-guía de la actividad.



Figura 4. Paisaje desértico, fluvial y glaciar.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En esta experiencia educativa hemos comprobado cómo los alumnos han aumentado significativamente su motivación al ser ellos protagonistas de su propio aprendizaje.

Los estudiantes se divirtieron en gran medida construyendo las maquetas y se implicaron más tiempo de lo esperado, reforzándose el trabajo en equipo.

La fuerza didáctica que tiene la manipulación y construcción de maquetas ha incrementado el aprendizaje significativo de los alumnos de manera sustancial, ya que la conceptualización, que siempre es difícil en este nivel académico, se ha visto reforzada por la toma de un contacto directo.

Las maquetas realizadas, además de servir a los alumnos para aprender construyendo, han permitido aumentar el material didáctico del Departamento de Biología y Geología, que para los próximos cursos académicos se servirá de este material de apoyo, ya que gracias a su escaso peso y tamaño son fáciles de transportar desde su almacén hasta las aulas.

Esta actividad ha repercutido en la mayoría de los alumnos que a partir de ahora observarán el paisaje de los alrededores de Mejorada del Campo de forma muy diferente, comprendiendo mucho mejor la geología de la zona.



Figura 5. Exposición Evolución.

El impacto en el claustro de profesores de la actividad de la exposición de las maquetas fue muy positivo, recibiendo muchas felicitaciones, pero el comentario unánime fue la breve duración de la exposición, que la mayoría del profesorado consideró escasa, aunque existía una explicación: el centro no posee un salón de actos y los espacios para exposiciones son muy reducidos (vestíbulo, biblioteca, aulas de audiovisuales) y estos son utilizados a la vez para otras muchas funciones, siendo su nivel de ocupación muy alto.

En general, los padres de los alumnos han agradecido la realización de esta actividad, por el aumento de la motivación, entusiasmo y acercamiento de sus hijos al mundo científico y a la comunidad educativa.

La visita a la exposición por parte de la Ilma. Sra. Alcaldesa de Mejorada del Campo y del concejal de Cultura nos permitió dar a conocer las actividades del Departamento de Biología y Geología. Ambos nos felicitaron y comprobaron in situ el trabajo realizado, comprometiéndose a ceder instalaciones municipales para nuevas exposiciones los próximos cursos escolares.

Por último, debemos incidir en la importancia de la divulgación científica en nuestra sociedad, para que cada individuo pueda pensar, opinar y tomar las decisiones adecuadas ante los retos de hoy en día. Esto no ha sido ni es fácil, debido a la elevada carga docente en nuestros centros con un número de alumnos por aula muy elevado que se ha incrementado notablemente y que exige priorizar el reparto de nuestro tiempo.



Figura 6. Fósiles de la exposición.



## AGRADECIMIENTOS

La autora de este trabajo agradece a D.<sup>a</sup> Gloria Lázaro, profesora de Educación Plástica y Visual, por su contribución en la construcción de las maquetas, así como a D.<sup>a</sup> Pilar Álvarez-Campana, jefe de estudios y profesora de Geografía e Historia, que permitió que se celebrara la exposición en el aula mayor de audiovisuales del IES Los Olivos de Mejorada del Campo (Madrid).

## BIBLIOGRAFÍA

BRUSI, D., PALLÍ, L., MAS, J. (1994). El espacio y el tiempo en geología. *Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. Vol. 2, N.º Extra, pp. 44-53.

- ESCRIBANO RÓDENAS, M. (2008). La medida del tiempo geológico: un reto en Secundaria. *Cuadernos del Museo Geominero*. N.º 11, pp. 119-127. Instituto Geológico y Minero de España.
- HERNÁNDEZ, J., MARTÍNEZ, J., PLAZA, C. (2011). *Biología y Geología*. Madrid, Anaya.
- LEBRÓN MORENO, J. A., GIL CID, M. D., Y CALONGE, A. (2008). Crisis biológicas: una aproximación al concepto de tiempo. *Cuadernos del Museo Geominero*, N.º 11, pp. 241-253. Instituto Geológico y Minero de España.
- LÓPEZ-MARTÍN, J. A., ANDREU, J. M., ALFARO, P. Y GONZÁLEZ-HERRERO, M. (2008). Actividades didácticas empleando modelos a escala de acuíferos. *Cuadernos del Museo Geominero*, N.º 11, pp. 255-265. Instituto Geológico y Minero de España.
- VERA, J.A. (2004). *Geología de España*, Madrid, Sociedad Geológica de España. Instituto Geológico y Minero de España (SGE-IGME).



# PENSAMIENTO LATERAL Y CREATIVIDAD EN LAS DISCIPLINAS DE CIENCIAS

Paloma Fernández Sánchez

*Departamento de Física de Materiales, Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Complutense, Ciudad Universitaria. 28040 Madrid  
arana@fis.ucm.es*

**Palabras clave:** Creatividad, pensamiento lateral, aprendizaje activo, competencias, proceso de aprendizaje.

**Keywords:** Creativity, Lateral Thinking, Active Learning, Competences

## Resumen

Desde hace varios años la enseñanza universitaria está siendo objeto de múltiples revisiones en el marco del denominado Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Dos puntos centrales del planteamiento metodológico subyacente al Plan Bolonia son la formación en competencias y la programación docente centrada en el aprendizaje y no en la enseñanza. Pero ¿realmente son necesarios estos cambios?

Si consultamos lo que los empleadores actuales demandan, veremos que entre los primeros puestos aparecen habilidades de comunicación, de desarrollar trabajo colaborativo, o de resolver situaciones más o menos conflictivas. Sin embargo, en nuestra práctica docente la componente transmisiva sigue siendo la de mayor peso en la mayor parte de los casos. Para acomodarnos a las demandas actuales, necesitamos fomentar el pensamiento creativo en los alumnos. Quizá deberíamos empezar planteando una cuestión: ¿Son los profesores quienes enseñan o los alumnos quienes aprenden? Debemos encontrar nuevas formas de mejorar la participación de los alumnos en su propio proceso de aprendizaje. Pero ¿cómo hacerlo?

En este trabajo se presenta una visión general y, por supuesto no exhaustiva, de actividades que se pueden realizar en las clases de Ciencias con el fin de fomentar el pensamiento lateral y la creatividad de los alumnos. Las actividades que se presentan se pueden adaptar a cualquier disciplina, no solo científica, y a cualquier nivel de enseñanza.

## Abstract

For several years university education is undergoing multiple revisions under the so-called European Higher Education Area (EHEA). Two central points of the new methodological approach underlying the Bologna Process are competences acquisition and education processes focused on learning rather than on teaching. However, from time to time some critical voices pose the question whether these changes are really necessary.

If we check what today's employers demand, we see that communication skills, ability to develop collaborative work and to manage conflict situations appear among the top aptitudes required. However, in our teaching practice transmissive component, remains the most significant in most cases. To accommodate current demands, we need to encourage creative thinking in students. Maybe we should start asking a question Are the professors who teach or students who learn? We must find new ways to improve the participation of students in their own learning process. But how?

This paper presents an non-exhaustive overview of activities that can be performed in the science classroom in order to encourage lateral thinking and creativity of students. The activities presented can be adapted to any field, not just scientific, and any level of education.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años la enseñanza universitaria está siendo objeto de múltiples revisiones en el marco del denominado Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). No solo se trata de revisar normativas o catálogos de titulaciones, sino de revisar o, al menos, reflexionar sobre las metodologías subyacentes. Así, Pozo y Monereo<sup>1</sup> se preguntan acerca de lo que quedará del «espíritu de Bolonia» más allá de los cambios normativos, es decir, si realmente cambiarán nuestras formas de enseñar y aprender, o si todo quedará en meros cambios formales, sin llegar a abordar la discusión más relevante acerca de las funciones y objetivos de la formación universitaria.

Dos puntos centrales del planteamiento metodológico subyacente al Plan Bolonia son la formación en competencias<sup>2</sup> y la programación docente centrada en el aprendizaje y no en la enseñanza. Pero ¿realmente son necesarios estos cambios?

## LA FORMACIÓN EN COMPETENCIAS

Tradicionalmente, la Universidad, al menos en España, ha elaborado sus planes de estudio y programaciones docentes desde la perspectiva de la transmisión, en la mayor parte de los casos exhaustiva, de los conocimientos de cada campo disciplinar. Sin embargo, en una sociedad tan rápidamente cambiante como la actual, esta transmisión de un cuerpo de conocimiento disciplinar, más o menos cerrado, no es posible. Muchos de los contenidos que se imparten, sobre todo en disciplinas tecnológicas y científicas, quedarán obsoletos en tiempos relativamente cortos. En la actualidad, no es posible en muchos casos saber cuáles serán, en un plazo de 10-15 años, los conocimientos relevantes para poder afrontar los retos y demandas del mercado laboral. Según estudios recientes,<sup>3</sup> las profesiones que serán demandadas dentro de 15 años, aún no existen, de la misma manera que las profesiones más demandadas en la actualidad no existían hace 15 años.

De acuerdo con el informe de McKinsey de enero de 2014 «Education to employment: Getting Europe's youth into work»,<sup>4</sup> sobre datos elaborados a partir de más de 80 000 encuestas, la mitad de los jóvenes

<sup>1</sup> POZO, J. I. Y MONEREO, C. (2009). Introducción: La nueva cultura del aprendizaje universitario o por qué cambian nuestras formas de enseñar y aprender. En POZO, J. I. Y PÉREZ ECHEVARRÍA, M. P. (coords.) *Psicología del aprendizaje universitario: La formación en competencias*. Madrid, Ed. Morata, pp. 9-28.

<sup>2</sup> *La integración del Sistema Universitario Español en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Documento marco. (<http://www.eees.es/es/documentacion>) Consultado el 4 de julio de 2014.

<sup>3</sup> FUNDACIÓN CYD, *La Universidad y la Empresa española*. Documentos CYD, 2 (2005).

<sup>4</sup> MOURSHED, M., PATEL, J., SUDER, K. Education to employment: Getting Europe's youth into work, *Informe McKinsey 2014* ([http://www.mckinsey.com/insights/social\\_sector/converting\\_education\\_to\\_employment\\_in\\_europe](http://www.mckinsey.com/insights/social_sector/converting_education_to_employment_in_europe)). Consultado el 4 de julio de 2014.

(de 25 países diferentes) no están seguros de que la enseñanza superior les haya mejorado sus opciones de conseguir empleo. Por otra parte el 40% de los empleadores (de países con entornos socioeconómicos como Brasil y Reino Unido) resalta la falta de habilidades (competencias) de los aspirantes a las vacantes de los niveles de entrada al mundo laboral. Asimismo señalan el elevado coste que estas carencias suponen en términos de tiempo, dinero y calidad del trabajo desempeñado. Sin embargo, el 72% de los formadores cree que los egresados de sus instituciones están bien preparados para el mercado laboral.

Shlomo Waks, en su trabajo «Lateral Thinking and Technology Education»,<sup>5</sup> se plantea cuestiones como: ¿Prepara la educación de los últimos años del siglo XX, a los niños y jóvenes para vivir en el siglo XXI? ¿Son capaces los educadores de aceptar la responsabilidad de la educación de las generaciones futuras en este mundo cambiante? ¿Qué se puede hacer, dentro del marco del proceso educativo, para disminuir la disonancia causada por la discrepancia entre los patrones de comportamiento establecidos, anclados en el pasado, y lo que demanda la realidad cambiante?

Si atendemos a la opinión de los empleadores, la respuesta a las preguntas de Waks es un «no» rotundo. De acuerdo con el informe de la Fundación Conocimiento y Desarrollo de 2005,<sup>6</sup> revela la escasa relación entre las demandas de los empleadores y las fortalezas de la formación de los egresados. ¿Cuáles son pues estas demandas? En los primeros puestos aparecen competencias tales como una buena capacidad de comunicación verbal y escrita, y desarrollo de actitudes y habilidades de trabajo en equipo, aspectos en los que la mayor parte de las empresas encuestadas (cerca del 80%) detecta importantes carencias en los recién titulados. Otras competencias demandadas son la capacidad de análisis e investigación, la iniciativa, las habilidades de planificación y organización tanto del tiempo como de equipos, las estrategias en el manejo de la información, la flexibilidad y capacidad negociadora y de persuasión, capacidad de liderazgo y creatividad. Por supuesto, los conocimientos propios del campo son altamente valorados, pero solo un pequeño porcentaje de los empleadores considera que los conocimientos de nuestros egresados son insuficientes.<sup>6,7</sup> El informe de la Fundación C y D nos aporta algunos datos interesantes. Uno de los apartados que analiza dicho informe se refiere a la valoración de las competencias y aptitudes que los empleadores estiman que deben tener los titulados superiores, y en qué medida están garantizadas por la formación en las instituciones universitarias. Algunos de los resultados del informe se presentan en la *Tabla 1*.<sup>6</sup>

<b>Tabla 1: COMPETENCIAS Y APTITUDES SEGÚN EL GRADO EN EL QUE LOS EMPLEADORES PIENSAN QUE ESTÁN GARANTIZADAS POR LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA</b>	
<b>SOBRADAMENTE GARANTIZADAS</b>	<b>GARANTIZADAS</b>
Conocimientos teóricos Aptitud para aprender Informática y nuevas tecnologías Capacidad de análisis	Motivación y disposición para el trabajo Capacidad para resolver problemas
<b>NO GARANTIZADAS</b>	<b>EN ABSOLUTO GARANTIZADAS</b>
Capacidad de gestión y comunicación Aptitud para trabajar en equipo Capacidad para comunicarse eficazmente	Idiomas Habilidades directivas Formación práctica

<sup>5</sup> WAKS, S. (1997). Lateral Thinking and Technology Education. *Journal of Science Education and Technology*, 6(4), 245-256.

<sup>6</sup> *Op. cit.* FUNDACIÓN CYD (2005).

<sup>7</sup> *Careers and employability services*, Universidad de Kent (<http://www.kent.ac.uk/careers/>), consultado el 5 de julio de 2014.



Por otra parte, otro interesante resultado de este mismo informe revela la diferente percepción de las competencias importantes para incorporarse al mercado laboral por parte de Universidad y empresa. Resultan especialmente llamativas las discrepancias en dos ítems. Mientras que desde la Universidad el primer puesto en la valoración lo ocupa la adquisición de conocimientos teóricos, para la empresa se situaría en el séptimo lugar. Para estos últimos, el primer lugar corresponde a la aptitud para trabajar en equipo, que en la valoración de la Universidad aparece en el puesto número 8.

Parece, por tanto, necesario hacer al menos una reflexión sobre cómo acomodar ambas visiones. Desde el punto que se defiende en este trabajo, es imprescindible fomentar el pensamiento creativo en los alumnos para acercar su formación a lo demandado por los agentes del mercado laboral, en el que los egresados deben insertarse. Debemos buscar nuevas herramientas o estrategias que se adapten mejor a las nuevas demandas.

## EL APRENDIZAJE COMO EJE TAMBIÉN EN LA ENSEÑANZA SUPERIOR

¿Son los profesores quienes enseñan o los alumnos quienes aprenden? La respuesta no es fácil, y probablemente tendríamos que referirnos a Thomas S. Kuhn en el sentido de admitir que estamos ante un cambio de paradigma. Ya hemos mencionado que uno de los ejes del Plan Bolonia es precisamente el proceso educativo centrado en el aprendizaje, pero ¿qué queremos decir? En la *Figura 1* se presenta un esquema adaptado de Molinar y Velázquez<sup>8</sup> donde se comparan algunas de las características básicas del modelo de enseñanza tradicional con las del modelo de aprendizaje activo, más alineado con la propuesta de este trabajo.

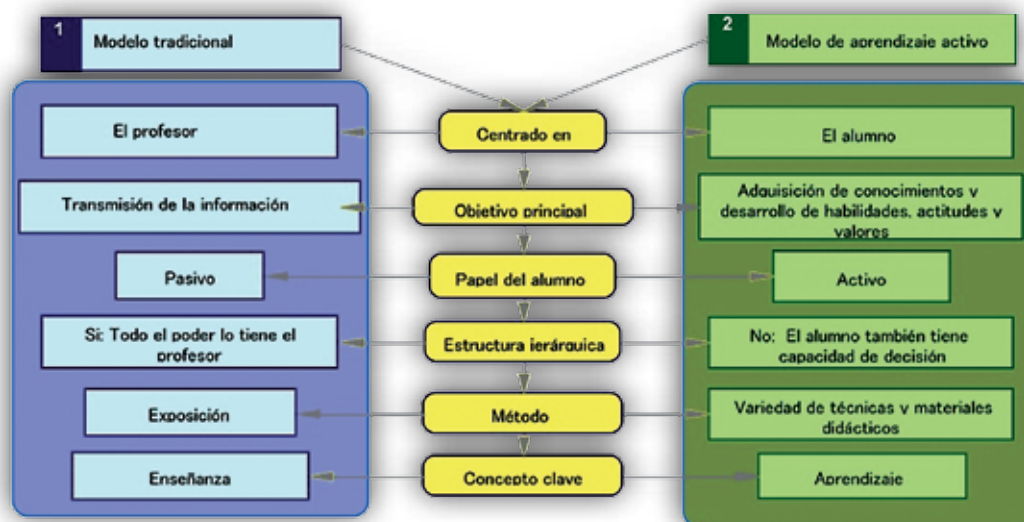


Figura 1. Comparación entre las características básicas de los modelos de enseñanza tradicional y los centrados en el aprendizaje.

Diferentes aproximaciones al diseño centrado en el aprendizaje han venido siendo utilizadas en diferentes campos. Entre ellas el aprendizaje a través de proyectos (APB) y el aprendizaje cooperativo, que gana cada vez más fuerza.<sup>9,10</sup> Ambas estrategias promueven algunas de las características más demandadas por

<sup>8</sup> MOLINAR, M. Y VELÁZQUEZ, M. L. (2005). *Liderazgo en la labor docente*.

<sup>9</sup> FELDER, R. M. (1995). Cooperative learning in a sequence of engineering courses: a success story. *Cooperative Learning and College Teaching Newsletter* 5 (2) 10-13.

<sup>10</sup> OAKLEY, B., FELDER, R., BRENT, R., Y ELHAJJ, I. (2004). Turning student groups into effective teams, *Journal of Student Centered Learning*, 2 (1) 9-23.

los empleadores actuales: el trabajo autónomo y la adquisición de habilidades o competencias profesionales (comunicación, gestión de información, capacidad de aprender y resolver problemas...). Sin embargo, la Universidad española sigue trabajando mayoritariamente con esquemas muy tradicionales, en los que la clase magistral es el elemento central y, en muchos casos, el único. Por tanto, si queremos mejorar las condiciones de inserción de nuestros egresados en el mercado laboral, debemos encontrar nuevas formas de fomentar la participación de los alumnos en su propio proceso de aprendizaje.

En este trabajo, lo que pretendemos es evaluar la inclusión de técnicas de creatividad y pensamiento lateral en el proceso de aprendizaje, con el fin de mejorar tanto el grado de participación de los alumnos como las competencias señaladas y lograr un acercamiento a los modelos centrados en el aprendizaje, aplicados a la disciplina de Ciencia de Materiales en el ámbito universitario.

## PENSAMIENTO LATERAL Y CREATIVIDAD

Quizá deberíamos empezar preguntándonos a qué nos referimos con el término «pensamiento lateral». El término fue acuñado por Edward de Bono (1971), en su obra *New think: the use of lateral thinking in the generation of new ideas*,<sup>11</sup> para referirse a la resolución de problemas de forma creativa, es decir por una ruta distinta de la habitual, «out of the box». Podríamos distinguir entre cuatro tipos de herramientas creativas. Generadoras de ideas, pensadas para romper con los patrones de resolución o pensamiento rutinarios; de enfoque, diseñadas para ampliar los lugares de búsqueda de nuevas ideas; de recolección, encaminadas a reconocer el valor de las nuevas ideas; y de tratamiento, orientadas a considerar las restricciones reales, los recursos disponibles, podríamos decir la viabilidad de las nuevas ideas sugeridas.

Los estudiantes de ciencias tienen un pensamiento muy formal, muy analítico y, por tanto, con poca tendencia a «salirse de la caja», vertical. Basta ver, por ejemplo, cómo en la *Tabla* de palabras que presentábamos antes muy pocas son ajenas al mundo de la ciencia, y esas pocas solo surgen después de muchos esfuerzos por parte del profesor para desviar las propuestas del «camino recto». En la *Tabla 2* se muestra un comparación entre las principales características de ambas formas de pensamiento: vertical y lateral.

Tabla 2: COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL PENSAMIENTO VERTICAL FRENTE AL PENSAMIENTO LATERAL SEGÚN E. DE BONO*	
Pensamiento vertical	Pensamiento lateral
Selectivo	Generador
Se mueve solo si hay una «dirección preferente» según la cual moverse	Se mueve para crear la «dirección preferente»
Analítico	Provocativo
Secuencial	No secuencial, salta de un punto a otro
Cada paso dado tiene que ser correcto	Cada paso no tiene por qué ser correcto
Se concentra en algunos aspectos concretos eliminando todo lo que no es relevante	Las intrusiones o distracciones, por irrelevantes que puedan ser, son bienvenidas
Tiene categorías, clasificaciones y etiquetas fijas	Las categorías, clasificaciones y etiquetas no son fijas
Sigue las rutas más probables	Sigue las rutas menos probables
Es un proceso finito	Es un proceso «sin fin»

\*DE BONO, E. (1971). *New think: the use of lateral thinking in the generation of new ideas*, Nueva York, Avon Books, pp. 28 y ss.

<sup>11</sup> DE BONO, E. (1971). *New think: the use of lateral thinking in the generation of new ideas*, Nueva York, Avon Books, pp. 28 y ss.

De acuerdo con De Bono, en el pensamiento vertical se usa la información por sí misma para acercarse a la solución; en el pensamiento lateral, la información se usa para provocar y fomentar la creación o el uso de nuevos patrones.

## CREATIVIDAD EN EL AULA

Nuestros objetivos básicos a la hora de llevar al aula cualquier propuesta son: por una parte, que los estudiantes aprendan el núcleo central, los contenidos básicos de la disciplina en cuestión; y, por otra, que desarrollen ciertas actitudes, de gran importancia en todos los ámbitos tanto laborales como sociales. Entre ellas, que los estudiantes sean responsables de su propio aprendizaje, que participen más activamente en clase, y que desarrollen competencias y habilidades como la capacidad para trabajar en equipo, liderazgo, habilidades de gestión de tiempo e información, etc. Desde nuestro punto de vista, todas ellas son mejorables a través de técnicas que fomenten la creatividad en el aula. A través de un trabajo de aula más interactivo, realizado usando técnicas de creatividad, se pueden adquirir los conocimientos básicos y construir habilidades propias de cada disciplina. La componente lúdica, inherente a la mayor parte de las actividades creativas, estimula la curiosidad y proporciona oportunidades para la elección, la toma de decisiones, la exploración y el descubrimiento, permitiendo un mejor equilibrio entre los retos propuestos y las habilidades de los estudiantes. Esto mejora la motivación intrínseca y, en consecuencia, la pericia y el autoconcepto de los estudiantes. Por otra parte, a través de estas técnicas, se generan nuevas actitudes frente a la metodología de enseñanza y mejora considerablemente el clima del aula, con lo que se consigue una importante mejora de la relación y la comunicación profesor-alumno.

No es fácil hacer una relación de las mejores técnicas para el aula, dependerá de la disciplina en la que nos estemos moviendo, de las características de los alumnos, de las necesidades del profesor y de toda una serie de condicionantes externos, como el número de alumnos en clase, la disposición de los bancos en el aula, la duración de la clase, el horario, etc. En el libro de J. Manktelow<sup>12,13</sup> se puede encontrar una relación muy completa con descripciones y ejemplos de cómo aplicar estas técnicas y cuáles pueden ser las más adecuadas a cada situación.

En este trabajo presentamos un ejemplo realizado en un curso de 4.º del Grado en Física en la asignatura Física de Materiales Avanzados en los cursos 2012-2013 y 2013-2014. La técnica utilizada es la conocida como SCAMPER. Se trata de una lista de verificación que ayuda a pensar en diferentes cambios que se pueden hacer a un objeto con el fin de crear uno nuevo o de mejorar el ya existente. Las ideas que van surgiendo al repasar la lista de verificación pueden ser directamente aplicables o, como sería nuestro caso en el aula, constituir el punto de partida para el desarrollo de las diferentes partes del programa. Lo que en origen se plantea como una técnica muy adecuada para generar nuevos productos o servicios, en el caso de la asignatura en la que hemos trabajado serían nuevos materiales o aplicaciones. El nombre es un acrónimo de las siglas en inglés de las diferentes acciones que componen la técnica. Substitute-Combine-Adapt-Modify-Put to another use-Eliminate-Reverse.

En la primera ocasión el objeto elegido fue una jarra, y lo que se les propuso a los estudiantes es que aplicaran la técnica SCAMPER por grupos en una sesión de tormenta de ideas. Al acabar la tormenta de

<sup>12</sup> MANKTELOW, J. (2007). *The mindtools e-book: Essential skills for an excellent career*. Londres. MindTools Limited.

<sup>13</sup> En las siguientes direcciones de Internet se pueden encontrar muchos ejemplos e ideas para aplicación de técnicas de creatividad en clase: Neuronilla.: <http://www.neuronilla.com/desarrolla-tu-creatividad/tecnicas-de-creatividad>; Ice-breakers and Warmers: <http://andrewarticlesandstories.wordpress.com/articles/ice-breakers-and-warmers/>; Thinkertoys, Michael Michalko.: [http://creativethinking.net/WP01\\_Home.htm](http://creativethinking.net/WP01_Home.htm); Thinking Tools - The Art And Science of Thinking, Edward de Bono.: <http://edwdebono.com/>; The Thiagi Group: the source for training games and interactive activities, Sivasailam Thiagarajan, <http://www.thiagi.com/>

ideas, cada grupo seleccionaba aquellas ideas que les parecieran más interesantes para exponerlas al gran grupo, y desde ahí establecer las relaciones con la asignatura. Así propusieron: cambiar el material por uno irrompible, decorar la jarra con pigmentos termocrómicos, que cambian de color en función de la temperatura, incorporar en la parte exterior de la base un polímero superabsorbente para evitar las manchas, depositar una capa externa de material aislante, o hacer la jarra con un material de muy baja conductividad a través de las paredes y en el borde de la jarra, y de conductividad media a lo largo de ella. A partir de aquí, tenemos ya una buena variedad de materiales avanzados (termoactivos, anisótropos para la conducción del calor, tenaces, etc.), sobre los que empezar a desarrollar el programa.

La aproximación seguida en este último curso ha sido un poco distinta en lo que a dinámica de trabajo se refiere. A partir de una selección aleatoria de imágenes, cada grupo construye una historia, y a partir de ella se elige un objeto cotidiano al que se aplicará la técnica. Los objetos elegidos fueron un reloj, una linterna, un coche, una canica, un frasco y una cacerola. Los alumnos trabajan en grupo a lo largo del curso para, al final, elaborar un póster en el que se reflejen los resultados. A lo largo del curso van obteniendo información sobre diferentes materiales para ir incorporándola al objeto elegido.

## CONCLUSIONES

La opinión de los alumnos sobre este tipo de trabajos es muy buena, ya que reconocen que aprenden una gran cantidad de conocimientos, en muchos casos «casi sin darse cuenta», además de haber adquirido mucha más competencia en la gestión de la información y de haber disfrutado trabajando con sus compañeros. Desde el punto de vista del profesor, este tipo de actividades permite desarrollar partes del programa de la asignatura desde los puntos de interés de los propios estudiantes y, por tanto, con una motivación mucho mayor.

Lo que perseguimos con este tipo de actividades es un mayor grado de participación de los estudiantes, que sean más responsables de su propio proceso de aprendizaje y reflexionen sobre él, y, por supuesto, si llevamos las técnicas de creatividad al aula, debemos asegurar que los estudiantes aprenden los contenidos fundamentales de la disciplina en cuestión y que desarrollan las competencias deseadas (trabajo en equipo, liderazgo, gestión del tiempo...). Algunos de los problemas que tendremos que afrontar son: la mayor carga de trabajo, la dificultad de cambiar los ritmos y usos, que están muy asentados, y la necesidad de integrar la evaluación en el proceso de aprendizaje.



# LA HUELLA DEL CO<sub>2</sub>: ¿QUÉ PODEMOS HACER PARA REDUCIRLA?

Andrés García Ruiz

*Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Formación de Profesorado y Educación  
Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid  
Departamento de Biología y Geología. IES El Olivo. 28982 Parla (Madrid)  
agarciruib@hotmail.com*

María Dolores Castro Guío

*Departamento de Física y Química  
IES José Luís López Aranguren. Colombia, 30. 28945 Fuenlabrada (Madrid)  
mdcastroguio@hotmail.com*

**Palabras clave:** Huella del carbono, contaminación, energía, educación para la sostenibilidad.

**Keywords:** Carbon footprint, pollution, energy, education for sustainability.

## Resumen

La huella de carbono la podemos considerar como la medida del impacto de todos los gases de efecto invernadero producidos por nuestras actividades (individuales, colectivas, eventuales y de los productos que utilizamos) en el ambiente.

Su cálculo lo podemos realizar basándonos en los principios del protocolo de emisiones de gases de efecto invernadero, y para ello existen diversas metodologías disponibles y accesibles para todos nosotros en la Red.

Los resultados obtenidos los consideramos muy positivos y creemos que sirven para concienciar al alumnado sobre la contaminación atmosférica y sus efectos, fomentando un desarrollo sostenible.

## Abstract

The carbon footprint can be considered as the measurement of the impact of all greenhouse gases produced by our activities (individual, collective, and any of the products we use) in the environment.

Its calculation we can make based on the principles of protocol emissions of greenhouse gases and for this there are several methodologies available and accessible to all of us in the web.

We consider the results very positive and we believe they could serve to educate students about air pollution and its effects, promoting sustainable development.

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático no solo constituye un problema ambiental, sino también un problema de desarrollo, con notables impactos en la sociedad y los ecosistemas. El debate sobre el cambio climático ha trascendido a nivel internacional y este especial interés es motivado principalmente por los países comprometidos por las posibles pérdidas de competitividad de sus productores, los cuales estarían compitiendo con otros exportadores con menos costos de emisión que no han asumido las obligaciones climáticas (DE LA TORRE *ET AL.*, 2009). Por el contrario, en el caso de los países en vías de desarrollo que tienen una actitud más acorde con el desarrollo sostenible y menos vulnerable a las exigencias climáticas, se exige a los sectores productivos avanzar más rápidamente en el proceso de disminución de los efectos climáticos, con el objetivo de mantener su actual posición competitiva (SCHENELDER y SAMANIEGO, 2009; CLÉMENT y LENNE, 2010).

Esta situación ha provocado nuevas inquietudes, siendo la huella del carbono la más relevante. Este parámetro se ha transformado en un patrón de competitividad (WIEDMANN y MINX, 2008). Todo este proceso ha propiciado la implementación de medidas como los impuestos del carbono, las exigencias de eficiencia energética y el control de emisiones de gases de efecto invernadero (CLÉMENT y LENNE, 2010).

La huella del carbono posee actualmente diversas interpretaciones y esto ha llevado al desarrollo de metodologías de cálculo muy variadas, situación que ha generado una excesiva controversia frente a un índice que goza de bastante popularidad (CARBALLO y GARCÍA, 2008).

Finalmente, debemos señalar la creciente preocupación internacional por las consecuencias del cambio climático, que ha impulsado a las organizaciones e instituciones a informarse sobre las repercusiones de los gases del efecto invernadero y su dinámica, convirtiéndose la huella del carbono en un reconocido indicador para conocer esta dinámica, factor importante en la toma de decisiones de empresas, regiones y/o países.

## CONCEPTO DE HUELLA DEL CARBONO

La huella del carbono o huella del CO<sub>2</sub> es un término reciente, cada vez más utilizado en medios de comunicación, gobiernos, empresas y organizaciones. Sin embargo, no existe una definición clara del mismo, lo que da lugar a cierta confusión sobre su significado y unidades de medida.

La primera definición fue la sugerida por WIEDMANN y MINX (2007), que la definen como la medida de las emisiones totales de dióxido de carbono que se originan de forma directa o indirecta por una actividad o su acumulación a lo largo del ciclo de vida de un producto.

Comúnmente la huella de carbono se define como la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios de los seres humanos, variando su alcance, desde una mirada simplificadora que solo contempla las emisiones directas de CO<sub>2</sub>, a otras más complejas, asociadas al ciclo de vida completo, elaboración y destino de los gases de efecto invernadero. Aunque en este trabajo solo lo dediquemos al CO<sub>2</sub>, existen otros gases que producen el efecto invernadero, como son el vapor de agua, el metano, óxido de nitrógeno, ozono y los cloro-fluorocarbonos (CFC).

El uso de la huella de carbono ha encontrado un importante campo de aplicación como herramienta para cuantificar la eficiencia energética y su impacto en los costes empresariales, situación que puede mejorar la contribución de los mismos al desarrollo sostenible.

Se perfila como un indicador capaz de sintetizar los impactos provocados por las acciones del hombre en el entorno y se presenta como una herramienta poderosa de gestión y un estímulo para adoptar una estrategia activa en el logro de la sostenibilidad de las organizaciones (WIEDMANN y MINX, 2008; WITTE-NEBEN y KIYAR, 2009).

## DIFERENCIAS ENTRE LA HUELLA ECOLÓGICA Y LA HUELLA DE CARBONO

Ambos conceptos son análogos, constituyendo en los dos casos buenos indicadores para evaluar el impacto directo o indirecto asociado a un determinado consumo.

En la huella de carbono el impacto medido se limita a la valoración de las emisiones de CO<sub>2</sub> inducidas, mientras que la huella ecológica incluye la valoración de los recursos naturales bióticos (transformados en biocombustibles) movilizados para satisfacer ese consumo (PON, 2009).

La huella de carbono se expresa en toneladas de CO<sub>2</sub> o en toneladas equivalentes a CO<sub>2</sub>.

Las escalas de aplicación de la huella ecológica y del carbono son las mismas (territorio, organización, producto e individuo), aunque la huella ecológica aporta un valor añadido específico en la escala territorial e individual.

Aunque en los últimos años se ha incrementado de forma notable el uso de la huella de carbono, paralelamente a la problemática del cambio climático, es recomendable que el uso de la huella de carbono en los análisis realizados se pueda completar con la huella ecológica, lo que permitiría tener una evaluación más global del conjunto de impactos producidos por el consumo y de las políticas de cambio climático.

## MEDIDAS DE APLICACIÓN DE LA HUELLA DEL CARBONO

La huella de carbono la podemos considerar como la medida del impacto de los gases de efecto invernadero, concretamente del dióxido de carbono, producido por nuestras actividades (individuales, colectivas, eventuales y de los productos que utilizamos) en el ambiente.

Su cálculo lo podemos realizar basándonos en los principios del protocolo de emisiones de gases de efecto invernadero, y para ello existen diversas metodologías disponibles y accesibles para todos nosotros en la Red.

La huella del carbono se aplica al cálculo de las emisiones asociadas a las actividades de individuos, poblaciones de un determinado territorio, gobiernos, empresas, sectores industriales, etc. Siempre debemos considerar tanto las emisiones directas como indirectas.

Pretende cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero GEI (gases del efecto invernadero), medidas en emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, que son liberadas a la atmósfera debido a nuestras actividades cotidianas o a la comercialización de un producto.

De acuerdo con la escala de estudio elegida, se utiliza una metodología diferente. Las metodologías basadas en un análisis de ciclo de vida son las adecuadas para el cálculo de la huella a escala de ciudadano, producto y organizaciones; mientras que cuando el análisis se realiza a escala de población de un territorio (región o país), la metodología adecuada suele ser la basada en el análisis *input-output* ambiental y el análisis de flujos de materiales (PON, 2009).

Existen varios patrones internacionales para medir la huella del carbono; estos se pueden agrupar en función de si queremos calcular y certificar la huella de un producto u organización:

- Huella de carbono de una organización: analiza las emisiones de GEI de una organización a lo largo de un año o período determinado.
- Huella de carbono de productos o servicios: analiza todas las emisiones de GEI realizadas durante el Ciclo de Vida del producto o servicio analizado.

Luego está la denominada huella de carbono personal, que es una herramienta que permite al individuo evaluar sus emisiones de gases de efecto invernadero.



## PAPEL DE LAS TIC EN EL CÁLCULO DE LA HUELLA DEL CARBONO

Las TIC tienen un papel fundamental en el cálculo de la huella de carbono, ya que para su cálculo necesitamos utilizar Internet.

La primera de ellas es la utilización de las calculadoras de la huella. Estas son instrumentos que permiten a una persona y/o pequeña empresa conocer cuáles son sus emisiones de CO<sub>2</sub>. También permiten descubrir cómo podemos neutralizar la huella, es decir, cómo podemos compensar estas emisiones producidas por nuestra actividad cotidiana.

Estas calculadoras funcionan por medio de programas informáticos, actualizados para mantener los datos de control al día. De esta forma se puede utilizar en cualquier momento que se necesite y, al mismo tiempo, nos informa de las acciones que podemos realizar para neutralizar la emisión.

Otra novedad de cálculo de la huella es por medio de móviles, a través de la aplicación GiveO2. Se trata de una aplicación para móviles que, mediante el uso del GPS y la conexión 3G, registra nuestros movimientos en automóvil durante el día y posteriormente nos permite ver los desplazamientos realizados, comprar bonos de carbono, neutralizar emisiones, etc.

La aplicación la podemos encontrar en el siguiente enlace:

<http://applicantes.com/give02-aplicacion-huella-carbono/>

## METODOLOGÍA

Comenzamos las actividades presentando a los alumnos una noticia de prensa sobre la huella titula: «Se acerca la huella del CO<sub>2</sub>», referente a la implicación de los alimentos en la misma. Una vez leído y analizado el texto, explicamos a los alumnos en qué consiste la huella del carbono y sus posibles cálculos.

Las actividades las realizamos con alumnos de Bachillerato de dos IES situados en Fuenlabrada y Parla.

### CÁLCULO DE LA HUELLA DEL CO<sub>2</sub> CON LA CALCULADORA DE TWENERGY

Esta calculadora <http://twenergy.com/calculadora-huella-carbono-co2/> mide las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondiente al hogar, calefacción, refrigeración y equipamientos; son cuestiones relacionadas con el tipo de vida, personas que lo habitan, las costumbres de calefacción y refrigeración que tenemos y el uso de otros electrodomésticos.

La medida que obtenemos es en toneladas de CO<sub>2</sub> por año y nos compara nuestra huella con la media española y la de otros usuarios.

### CÁLCULO DE LA HUELLA CON LA CALCULADORA DE CEROCO<sub>2</sub>

Con esta calculadora:

[http://www.ceroco2.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=16&Itemid=82](http://www.ceroco2.org/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=82) podemos calcular especialmente las emisiones de carbono producidas en el transporte, tanto individual como colectivo, calefacción y consumo eléctrico.

Tiene una aplicación para compensar las emisiones producidas.

Los cálculos de esta aplicación y de la siguiente los hemos utilizado para ver las diferencias en movilidad entre los estudiantes de Fuenlabrada y Parla, ya que en la primera ciudad no existe un transporte urbano sostenible como es el tranvía, mientras que en Parla sí.

#### CÁLCULO DE LA HUELLA DEL CARBONO CON LA CALCULADORA DE LA FUNDACIÓN REDUCE TU HUELLA

Esta calculadora [http://www.reducetuhuella.org/calculadora\\_reduce/](http://www.reducetuhuella.org/calculadora_reduce/), al igual que la anterior, sirve para cuantificar nuestras emisiones en la movilidad y el uso de diferentes transportes. Explica qué es una calculadora de la huella de carbono y las características de las mismas.

### RESULTADOS

Los primeros cálculos los hemos realizado, como ya hemos citado anteriormente, con la calculadora de Twenergy. Los resultados han sido muy similares en los alumnos de los dos municipios, siendo el valor mínimo obtenido de 5,6 toneladas CO<sub>2</sub>/año, incrementándose este valor en muchas ocasiones dependiendo de los hábitos de los alumnos. Como referente tenemos que la media española está en 2,6 toneladas CO<sub>2</sub>/año, por lo que podemos comprobar que los hábitos no ayudan mucho a reducirla y es necesaria una buena campaña de educación y concienciación al respecto.

La calculadora de CeroCO<sub>2</sub> la hemos utilizado para comparar el uso de energía eléctrica de nuestros alumnos, y también los resultados nos indican que hace falta campañas de concienciación en el uso de electricidad, siendo el valor mínimo de 0,08 kg de CO<sub>2</sub>, que se puede considerar más o menos adecuado; pero la mayoría de los alumnos superaban este valor. También hemos calculado el uso del transporte público en las dos localidades, obteniendo valores más bajos en Parla, concretamente 0,12 kg CO<sub>2</sub> equivalentes.

Las diferencias de emisiones por la movilidad en las dos ciudades la hemos calculado utilizando la calculadora de Reduce Tu Huella, y los resultados, tal como esperábamos, han sido algo menores en Parla, con un valor de 23,11 kg CO<sub>2</sub> frente a los 32,38 kg CO<sub>2</sub> de Fuenlabrada. Como señalábamos anteriormente, esto se debe a la existencia en la primera ciudad de un tranvía, un medio más ecológico y menos contaminante que los autobuses urbanos, que existen en ambas ciudades.

### CONCLUSIONES

La experiencia ha resultado muy positiva, ya que los alumnos se ven motivados con este tipo de actividades y sirven para inculcarle una buena concienciación sobre el uso de los recursos naturales y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Hemos acercado el valor didáctico de la huella de carbono, desconocido para la mayoría de ellos, así como las diferencias que pueden existir en los hábitos de movilidad entre las emisiones de dos ciudades cercanas y muy parecidas debido al uso de transporte colectivo ecológico y no contaminante.

### BIBLIOGRAFÍA

DE LA TORRE, A., FAJNZYLBER, P. Y MASH, J. (2009). *Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático*. Banco Central, Washington D.C., USA.

CARBALLO, A. Y GARCÍA, M. C. (2008). La huella ecológica y su aplicación a organizaciones: el caso de una empresa conservera en Galicia, España. *DELOS*, 1, 1-18.

- CLEMENT, C. Y LENNE, P. (2010), *Metodologías de cálculo de la Huella de y sus potenciales implicaciones para América Latina, documento de trabajo*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- PON, D. (2009). Evaluando el impacto climático del consumo: la huella del carbono. *Ecosostenible*, 50, 4-15.
- SCHNEIDER, H. Y SAMANIEGO, J. L. (2009). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Documentos de proyectos N.º 298, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL.
- WIEDMAND, T. Y MINX, J. (2007). A definition of 'carbon foot-print'. *ISAUK Reseach Report 07-01*.
- WIEDMAND, T. Y MINX, J. (2008). A definition of Carbon Footprint. *Ecological Economics Research Trends, Charter 1*, 1-11.

# INFLUENCIA DE LA METODOLOGÍA COOPERATIVA EN LA ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTOS SOBRE LOS SERES VIVOS EN I.º DE ESO

María Margarita González del Hierro

*Universidad Autónoma de Madrid*  
mmargarita.gonzalez@titulado.uam.es

**Palabras clave:** Aprendizaje cooperativo, innovación, metodología activa, enseñanza-aprendizaje en ciencias, biología.

**Keywords:** Cooperative Learning, innovation, Active Learning, teaching-learning process in science, biology.

## Resumen

La investigación sobre la influencia de la metodología cooperativa en aulas de I.º de ESO en la unidad didáctica «Los seres vivos» surge en un intento de lograr un mejor acercamiento a la realidad socio-educativa actual, a fin de obtener una mayor eficiencia en futuras acciones educativas. Los escolares participan de forma activa en su educación, siendo el profesor un facilitador del aprendizaje que investiga buscando la innovación. Se han diseñado actividades para que los estudiantes aprendan los conceptos básicos de la unidad y potencien sus habilidades y competencias. Los resultados muestran esta metodología como una herramienta más motivadora para los estudiantes que la metodología tradicional, aportando al alumnado competencias fundamentales que permiten el desarrollo integral de los estudiantes.

## Abstract

This study investigates the influence of cooperative learning within the «Los seres vivos» teaching unit in 1st level Compulsory Secondary Education (ESO) classrooms. The study arises as an attempt to develop a better approach to the current socio-educational reality. The main purpose is achieving greater efficiency in future educational activities. The students are actively involved in their education, whilst the teacher facilitates learning while looking for educational innovation. Activities were designed for students to learn the basics of the unit and to enhance their skills and competencies. The results show this methodology is a more motivational tool for students compared to traditional methods, providing the students basic skills that enable their development as human beings.

## INTRODUCCIÓN

Los conocimientos relativos a los seres vivos y su entorno se consideran como algo muy valioso, no solo por su relevancia dentro de las ciencias y su impacto social, sino también por su poder como modelo para que los alumnos comprendan el mundo y actúen de forma responsable, favoreciendo el desarrollo de competencias en el alumnado. Los estudiantes, por su parte, suelen mostrar un gran interés por conocer muchos aspectos sobre los seres vivos, cómo son, cómo viven, qué hacen, cuáles resultan peligrosos, cómo se reproducen, etc. Sin embargo, es frecuente que el interés inicial de los escolares desaparezca en la medida en que la curiosidad se ve solapada por un modo de mostrar los conocimientos de forma estática y con elevada carga memorística (CAÑAL, 2003). Es decir, como consecuencia de planteamientos pedagógicos y didácticos en los que el aprendizaje está centrado en el profesor y los alumnos se presentan como meros oyentes que, al final, serán evaluados según su capacidad memorística (TILLERY, 2013). No debería ser así, pues, actualmente, la información es accesible a cualquier estudiante simplemente introduciendo los términos de búsqueda adecuados en Internet. Las escuelas, los libros y los profesores han dejado de ser las principales fuentes de conocimiento; el modo de obtener la información ha cambiado, es necesaria una adaptación. Hay que formar ciudadanos conscientes y activos frente a los problemas que plantean las complejas transformaciones científico-tecnológicas que afectan a la sociedad y que, hoy por hoy, exigen decisiones colectivas y bien fundamentadas (GIL, 1998) con una metodología adecuada.

El trabajo cooperativo es una metodología de enseñanza-aprendizaje que remarca el papel del alumno como responsable y protagonista de su proceso de aprendizaje. Es, asimismo, un medio para establecer relaciones igualitarias y solidarias entre los alumnos. Representa un cambio en el paradigma educativo: en contraste con el método tradicional, donde los estudiantes trabajan de forma individual o de modo competitivo, con el aprendizaje cooperativo los estudiantes se ayudan entre ellos y se benefician del intercambio de ideas.

El trabajo cooperativo no es solo trabajo en pequeños grupos y no constituye ninguna novedad; en realidad, tiene una larga tradición asociada a investigaciones en el ámbito de la psicología del aprendizaje y a movimientos de renovación pedagógica. La literatura educativa posee abundantes publicaciones sobre el tema; Ausubel (2009) unió a una amplia bibliografía el meta-análisis de los resultados obtenidos por distintos autores, reconociendo que «la discusión es el método más eficaz y realmente el único factible de promover el desarrollo intelectual con respecto a los aspectos peor establecidos y más controvertidos de la materia de estudio». Es obligado referirse también a las investigaciones de Piaget en torno al papel de la actividad y de la interacción social en el desarrollo intelectual; dichas investigaciones lo convirtieron en un decidido defensor del trabajo por equipos (PIAGET, 1969).

El uso y aplicación satisfactoria de la metodología cooperativa en el área de las ciencias naturales y la biología viene respaldada por diversas investigaciones que recomiendan este método para fomentar la construcción del conocimiento autónomo por parte de los estudiantes (RUSSELL-GEBBETT, 1985; BARRABÍN ET AL., 1996; IBAÑEZ ET AL. 2004; ROMERO, 2007; VILCHES ET AL. 2012). Por ello, la investigación educativa desarrollada en el presente trabajo versa sobre la metodología empleada para desarrollar la unidad didáctica «Los seres vivos y su diversidad», perteneciente a la asignatura Ciencias de la Naturaleza de 1.º ESO. Esta unidad es la primera dentro del tercer bloque de contenidos dedicado a los seres vivos (biosfera) y enlaza con los temas anteriores al presentarse como una interfase entre la geosfera, la hidrosfera y la atmósfera en la que se dan las condiciones necesarias para la vida.

Los conceptos asociados a los seres vivos suelen ser repetidos sin entender lo que significan y sin comprender las posibles relaciones entre ellos. Por tanto, el presente trabajo pretende construir una herramienta que pueda ser aplicada a una unidad didáctica para el aprendizaje de los seres vivos de forma activa, acorde con las exigencias de renovación metodológica actuales, buscando la comprensión y asimilación de contenidos por parte de los alumnos. Se quiere fomentar en el alumnado actitudes y habilida-

des que generen aprendizaje significativo y se espera que los estudiantes aprendan a tomar decisiones o hacer juicios basados en hechos y con información fundamentada. En palabras de Vygotski (1978), «El momento más significativo para el curso del desarrollo intelectual es cuando el lenguaje y la actividad práctica, dos líneas de desarrollo antes completamente independientes, convergen».

## INVESTIGACIÓN

### HIPÓTESIS Y OBJETIVO

La hipótesis principal del presente estudio se basa en que es posible lograr mayor comprensión y asimilación de los conceptos y contenidos asociados a la unidad de los seres vivos en un grupo de estudiantes al que se le ha aplicado metodología cooperativa, en comparación con un conjunto de estudiantes que reciben clases con metodología tradicional. También se plantea la metodología cooperativa como una herramienta más motivadora para los estudiantes que la metodología tradicional.

El objetivo es conocer la influencia de la metodología cooperativa en la adquisición de los conceptos y conocimientos asociados a la unidad de los seres vivos, así como su nivel de motivación, en un conjunto de estudiantes de 1.º de ESO

### METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES

Para comprobar la validez de las hipótesis, se ha diseñado una investigación comparativo-causal con un diseño pre-test-post-test para una población de estudio formada por 122 alumnos y alumnas de entre 12 y 14 años, del curso 1.º de ESO. Se han tomado cuatro grupos de 1.º de ESO: dos grupos control y dos grupos experimentales no equivalentes. Las clases estaban organizadas en grupos que no pudieron ser desorganizados para el propósito del experimento. No obstante, para aplicar la metodología cooperativa, se ha seguido la indicación de GIL ET AL., (2005), que considera que está especialmente indicada si hay mucha diversidad en el aula. Según esto, se aplicó el tratamiento experimental a grupos en los que había estudiantes de compensatoria y de integración.

En el diseño original se aplicaría metodología cooperativa a los dos grupos experimentales y metodología tradicional a los dos grupos control. Sin embargo, esta disposición inicial se vio alterada durante el curso de la investigación, ya que el grupo 3, experimental, no fue capaz de amoldarse a la nueva metodología y, como consecuencia, se varió su metodología a la mitad de la unidad, volviéndose a la metodología tradicional. Por tanto, el experimento final se ha desarrollado en cuatro grupos: dos control y dos experimental; se les ha aplicado tres métodos diferentes en el aula: al primer grupo experimental 1 (26,2%) se le ha aplicado una metodología cooperativa, al segundo grupo experimental 3 (21,3%) se le ha aplicado una metodología mixta (una mezcla entre metodología cooperativa y metodología tradicional) y, por último, a los grupos control 2 y 4 (52,5%) se les ha aplicado metodología tradicional. Hay que destacar que en el grupo 1 (experimental) hay un estudiante de integración y 7 alumnos de compensatoria.

Los resultados derivados de la aplicación de metodología cooperativa se compararon con un modo de enseñanza tradicional, durante tres semanas de tratamiento, y una prueba (post-test), desarrollada 8 semanas después de la finalización del tratamiento, para determinar si la metodología influye significativamente en los resultados académicos de los estudiantes de Secundaria.

### 1. Grupos control

En el caso de los grupos control, el método tradicional de enseñanza consistió, principalmente, en un método basado en la lección magistral por parte de la docente.

## II. Grupos experimentales

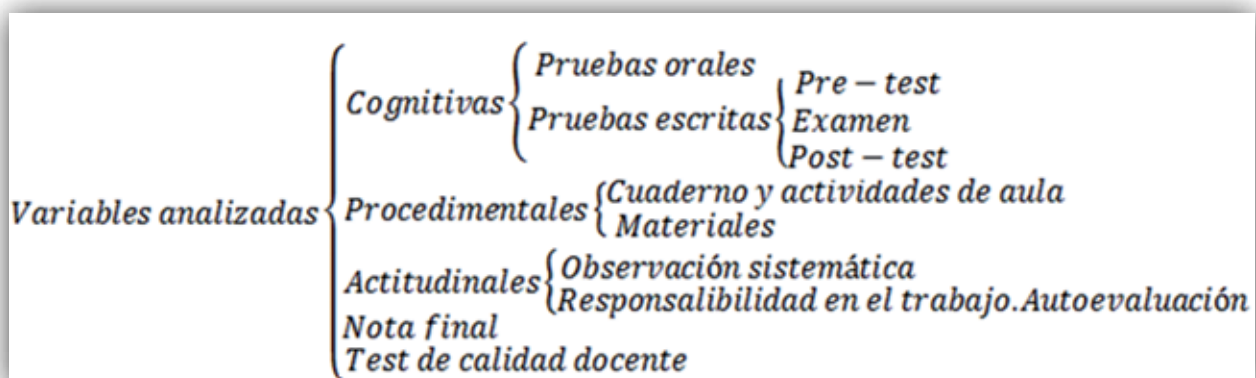
La metodología planteada para el desarrollo de este estudio, en los grupos experimentales, es una metodología activa en la que se utilizarían diversas técnicas de aprendizaje cooperativo. Con el objetivo de asegurar la construcción de aprendizajes significativos, se ha establecido una serie de actividades que facilitan el aprendizaje, modifican los esquemas de conocimiento que el alumno o alumna posee y propician una intensa actividad-interactividad por parte del alumnado. Se ha diseñado un entorno de aprendizaje basado en resolución de problemas.

Antes de plantear el problema, se presentan al alumno preguntas para explorar las ideas previas que posee respecto de los conceptos que se trabajarán durante la unidad; posteriormente, se presenta el problema integrador del contenido, y de este se originan otros más pequeños organizados según la secuencia de lo más simple a lo más complejos, para que el estudiante investigue en grupos de trabajo colaborativo. Se han planificado actividades de exploración de ideas, introducción de variables o nuevos conceptos, actividades de síntesis que permitan al alumno construir y elaborar sus propias explicaciones con fundamento conceptual y, finalmente, realizar actividades de aplicación o transferencia del concepto a un nuevo contexto o emisión de juicio de valor respecto al problema.

Las actividades de enseñanza-aprendizaje a desarrollar en los grupos experimentales siguen un esquema organizado en cuatro fases: actividades de iniciación y exploración, actividades de desarrollo y consolidación, actividad de refuerzo y, por último, Actividades de Repaso y Evaluación. No se incluyen actividades de laboratorio, pues el centro en el que se ha desarrollado la investigación no hace uso de dicha instalación en el primer ciclo de ESO

### VARIABLES ANALIZADAS

En función de la metodología y las actividades descritas en el punto anterior, las variables analizadas para este estudio (*Figura 1*) se han clasificado en variables cognitivas, variables procedimentales y variables actitudinales.



*Figura 1.* Variables analizadas.

El tratamiento y procesamiento de los datos se ha llevado a cabo mediante el Programa Estadístico SPSS 19.0. Previo al análisis estadístico, se comprobó que las variables no se ajustaban a una distribución normal, por tanto se ha aplicado estadística no paramétrica. Las variables se han analizado mediante estadística descriptiva: medias, desviaciones típicas (SD), frecuencias (N) y porcentajes (%). La asociación entre variables cualitativas se ha determinado mediante la aplicación de la prueba Chi cuadrado ( $\chi^2$ ), y para variables cuantitativas se ha aplicado el test Kruskal-Wallis (H) para comparar los 4 grupos, y el test de Mann-Whitney (U) para comparar los grupos experimentales frente a los

grupos control. Con el fin de ver la variación de una variable cuantitativa en función de otra variable cuantitativa, se han realizado correlaciones de Pearson ( $r$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran una influencia positiva de la metodología cooperativa sobre la comprensión y asimilación de los contenidos curriculares (conceptuales, procedimentales y actitudinales) de la unidad de los seres vivos para el caso del grupo experimental 1. Con ella los alumnos no utilizan solo su capacidad de memorización, sino que utilizan y refuerzan sus habilidades en otros aspectos como el razonamiento, la creatividad, la comprensión o la interacción social.

La distribución y diversidad que existía previamente en los grupos no se ha modificado, lo que dificulta la comprobación de la equivalencia entre los grupos (COHEN *ET AL.*, 2007). No obstante, los resultados demuestran que la metodología cooperativa ha sido beneficiosa para los estudiantes del grupo experimental 1, a pesar de la diversidad dentro del aula.

Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, en cuanto a la suma de las puntuaciones obtenidas en el pre-test ( $H=9,078$ ,  $p=0,028$ ). Los grupos control tienen mayores conocimientos iniciales sobre la unidad de los seres vivos que los grupos experimentales antes de aplicar el tratamiento; la nota media del pre-test es ligeramente superior en el grupo Control 2, como se muestra en la *Figura 2*. La diferencia entre grupos encontrada en el pre-test no se ve reflejada en el post-test, donde no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, aunque sí se aprecia una mejora en cuanto a la comparación de las notas medias entre el pre-test y el post-test para cada grupo. Esta diferencia es especialmente remarcable en el caso de los grupos experimentales: en el grupo 1, con metodología cooperativa, la puntuación media del post-test se ha visto incrementada en tres puntos, y en el caso del grupo 3, con metodología mixta, la puntuación media ha aumentado dos puntos.

	<b>Pre-test (<math>\bar{x} \pm SD</math>)</b>	<b>Post-test (<math>\bar{x} \pm SD</math>)</b>
<b>Grupo 1 (Cooperativo)</b>	5,00±1,77	8,00±2,43
<b>Grupo 2 (Control)</b>	5,84±1,30	7,07±1,74
<b>Grupo 3 (Mixto)</b>	4,00±2,06	6,00±2,16
<b>Grupo 4 (Control)</b>	5,50±2,06	6,76±2,10

*Figura 2.* Suma de puntuaciones medias obtenidas en el pre-test y el post-test para cada uno de los grupos.

Llama la atención la gran mejora entre el pre-test y el post-test para el grupo experimental 1, de metodología cooperativa (*Figura 3*). En el grupo 1, el porcentaje de suspensos se ve reducido en un 12,5%, y las notas se ven incrementadas considerablemente, descendiendo el porcentaje de calificaciones como «aprobado» y aumentando las de «notable» y «sobresaliente», llegando a obtener «sobresaliente» el 31,3% en el post-test, cuando en el pre-test no lo consiguió ninguno. También es remarcable el caso del grupo experimental 3, con metodología mixta, en el que se pasa de un 53,8% de «suspensos» en el pre-test, a un 38,5% en el post-test, que, si bien sigue siendo un porcentaje elevado, se ha mejorado en un 15,30%.



Hay que remarcar que es la primera vez que en su vida académica este alumnado se enfrenta a un modo de aprendizaje con las características del trabajo cooperativo. Para que la aplicación de esta metodología sea efectiva, tendría que existir un período de habituación. Habría que implantarlo en otros temas del currículo, y aplicar la metodología en un período dilatado en el tiempo, pues implica un cambio profundo de todo el enfoque educativo, y se podrían conseguir mejores resultados.

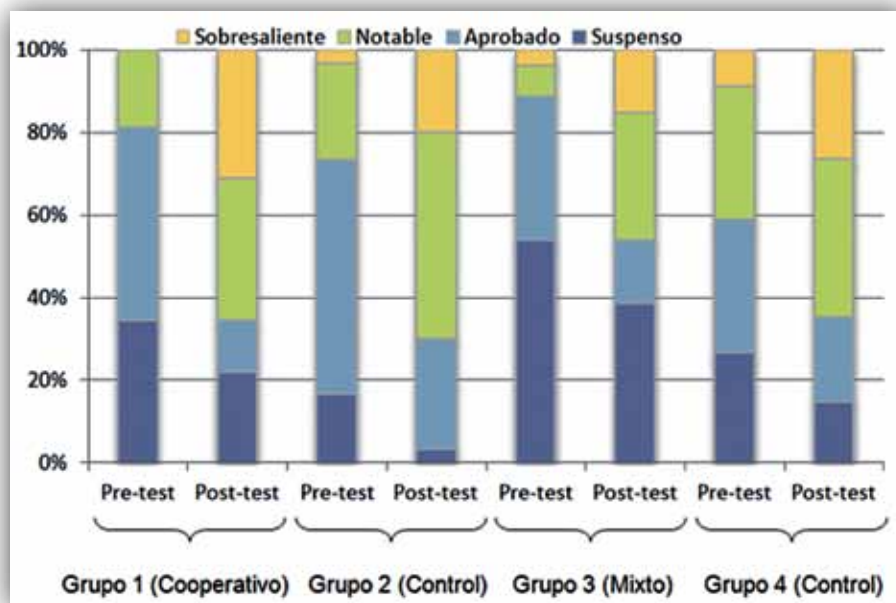


Figura 3. Porcentajes de la suma de puntuaciones obtenidas en el pre-test y el post-test para cada uno de los grupos.

Por otro lado, los efectos positivos de la metodología cooperativa se reflejan en todos los análisis realizados, especialmente en el grupo cooperativo 1, donde se pasa de una nota media de cinco puntos a una nota media de ocho puntos. Como se ha visto en el análisis previo, en el grupo 3 experimental también hay una mejora pero en menor grado. Este incremento es el reflejo del efecto de la metodología cooperativa en la mejora del aprendizaje de los contenidos de la unidad.

La mejora entre el pre-test y el pos-test incluye también progresos en cuanto al aprendizaje de la célula. El concepto de célula es abstracto y los alumnos de 1.º de ESO están en el nivel de las operaciones concretas, dificultando su comprensión de forma significativa. Además, la dificultad en el aprendizaje del concepto de célula, tal y como señala PARCERISA (1996); podría deberse a los libros de texto usados en el aula para su enseñanza. En este estudio, el uso de materiales adaptados a los grupos experimentales, además de facilitar el trabajo del profesor a la hora de adaptar los contenidos a la diversidad del aula, ha demostrado un progreso en el caso del grupo 1, que ha mejorado significativamente la comprensión y retención de los conceptos básicos asociados a la célula. Esto conforma con el trabajo de Romero (2007), en el que se demuestra que la incorporación de actividades de trabajo cooperativo, a pesar de requerir mayor esfuerzo por parte de los alumnos y del profesor, aumenta la participación de los alumnos, la comprensión y la retención de los conceptos básicos de la célula.

Dentro del concepto de célula, se ha comprobado también un pequeño avance en cuanto a la representación tridimensional de la célula, sobre todo en el grupo cooperativo 1, problemática que destacan los trabajos de RUSSELL-GEBBETT (1985) y DÍAZ DE BUSTAMANTE *ET AL.* (1996). Esta mejora habría sido quizás más evidente en el caso de que se hubiera podido tener acceso a un laboratorio durante la realización del experimento, dado que una imagen real de la célula puede ayudar a los escolares a acercar esa imagen a su imagen mental.

En la *Figura 4* puede verse un ejemplo de los dibujos realizados en el pre-test (A) y el pos-test (B) por un mismo estudiante. Este tipo de dibujos se han visto de forma repetida en el caso del grupo cooperativo. Se pasa de un dibujo de célula sencilla (A), que incluye incluso errores conceptuales (habla de corteza en vez de membrana), a la elaboración de un dibujo mucho más complejo, en el que se incluye no solo una célula animal, sino también una célula vegetal, con orgánulos y componentes celulares claramente diferenciados (B).

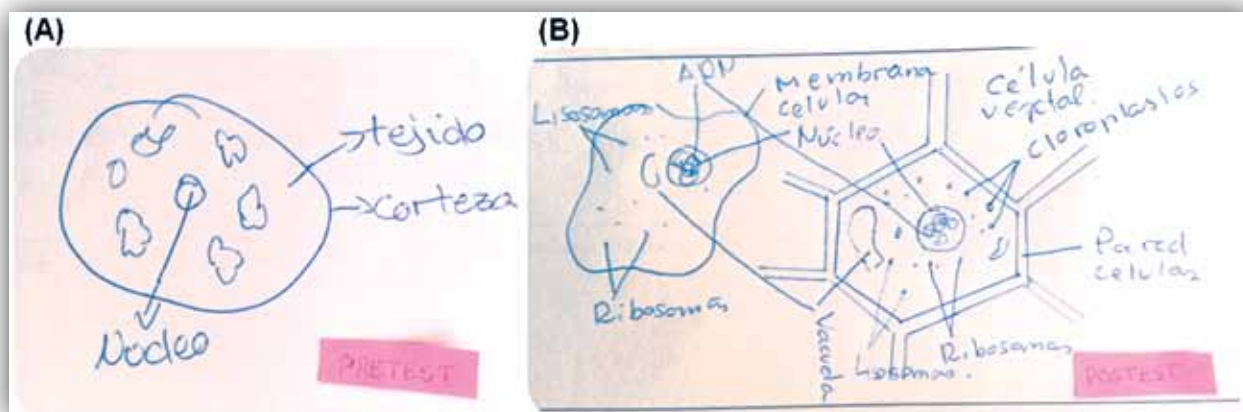


Figura 4. Representaciones realizadas por un estudiante. (A) Pre-test. (B) Post-test.

En cuanto a los exámenes, destacan las puntuaciones obtenidas en el grupo control 2. Es lógico que los estudiantes de los grupos experimentales tengan notas algo inferiores, pues el examen valora principalmente el aprendizaje memorístico –a pesar del intento por adaptarlo a la metodología– cuando en estos grupos han desarrollado otras habilidades en mayor medida que la memorística. Aun así, la diferencia entre la media del grupo cooperativo 1 y el grupo control 2 (que es el grupo con mayor puntuación) es de tan solo 53 décimas. Y al comparar el grupo cooperativo 1 con el grupo control 3, se ve cómo el grupo 1 es superior en un punto de media. Esto demuestra que, a pesar de que la metodología cooperativa no hace excesivo énfasis en el aprendizaje memorístico, el desarrollo de capacidades y el trabajo en grupos cooperativos ha maximizado el aprendizaje de estudiantes, tal y como refleja el estudio de LIANG ET AL. (2005). A pesar de ello, el desmoronamiento en la implantación de la metodología cooperativa en el grupo experimental 3 es evidente, con más del 65% de la población «suspensa».

Examen		Grupo 1 (Cooperativo)	Grupo 2 (Control)	Grupo 3 (Mixto)	Grupo 4 (Control)
Suspenso	N	6	1	17	7
	%	18,8%	3,3%	65,4%	20,6%
Aprobado	N	9	10	4	12
	%	28,1%	33,3%	15,4%	35,3%
Notable	N	11	10	4	11
	%	64,4%	33,3%	15,4%	32,4%
Sobresaliente	N	6	9	1	4
	%	18,8%	30,3%	3,8%	11,8%
$\bar{x} \pm SD$		7,10±2,08	7,63±1,70	3,75±2,39	6,1±2,30

Figura 5. Notas medias de los exámenes para cada grupo

La duración en el tiempo de los conocimientos adquiridos resulta mayor en los grupos experimentales con respecto al resto de grupos. Esto se ha comprobado en la comparativa entre el post-test y el examen (Figura 6), donde la nota media se ve incrementada en gran medida del post-test al examen para estos grupos. En el grupo control 4, de metodología tradicional, también muestra un incremento, pero mucho más ligero que en los grupos experimentales. Además, en el grupo control 2, no solo no existe una mejora como cabría esperar al tratarse del grupo con medias más altas, sino que la media del post-test se ve disminuida. La escasa mejora e incluso el descenso en la media en los grupos control pueden venir determinados por el proceso de aprendizaje que han seguido los estudiantes: son capaces de aprender gran cantidad de contenido para el examen, pero este es un aprendizaje memorístico poco significativo.

Comparativa examen y post-test		Grupo 1 (Cooperativo)	Grupo 2 (Control)	Grupo 3 (Mixto)	Grupo 4 (Control)
Examen	$\bar{x} \pm SD$	7,10±2,08	7,63±1,70	3,75±2,39	6,1±2,30
Post-test	$\bar{x} \pm SD$	8,00±2,43	7,07±1,74	6,00±2,16	6,76±2,10

Figura 6. Comparación de las notas medias obtenidas por los estudiantes entre el examen y el post--test.

Es llamativo el hecho de que el grupo 3, con metodología mixta, obtuvo de forma sistemática los peores resultados en todas las pruebas analizadas. En un diálogo con el grupo tras el cambio de metodología, se llegó a la conclusión de que los estudiantes no habían comprendido las implicaciones del modo de trabajo cooperativo, considerando, ellos, que este tipo de metodología no requería esfuerzo por su parte. Esa forma de pensamiento, junto con una motivación inicial de los estudiantes del grupo 3 muy inferior al resto de clases, venían anunciando el inevitable fracaso de esta metodología en el grupo 3, pues, haciendo referencia a ARONSON (2002): ningún estudiante puede alcanzar su meta individual de aprendizaje del material o de obtener una buena calificación a menos que todos trabajen juntos como un equipo. En este caso, es un grupo que está muy acostumbrado a un modo de trabajo tradicional, en el que buscan el mínimo esfuerzo durante las clases y también ante la preparación de los exámenes. Por tanto, un grupo con esta índole requeriría una metodología adaptada a ellos, habría que profundizar más en las características del grupo para buscar una solución.

La encuesta de evaluación de la calidad docente aplicada pone de manifiesto los resultados obtenidos en cuanto a las ventajas de la metodología cooperativa. Los estudiantes del grupo experimental I son los que consideran que han aprendido más contenidos y, se ha comprobado que han desarrollado más capacidades, se han encontrado más cómodos en el aula, asistían a las clases con un entusiasmo mayor que a las clases de aprendizaje tradicional, y consideran la interacción con el grupo como algo positivo. A pesar de que denotan una ligera tendencia a pensar que la carga de trabajo y la dificultad de la unidad han sido superiores a otras, están satisfechos con la metodología empleada, llegando la preferencia por esta metodología al 84,4% de los estudiantes de este grupo. Por tanto, la metodología cooperativa se muestra como una estrategia más motivadora que la metodología tradicional.

El que el grupo 3 prefiera la metodología cooperativa en un 92,3% frente a la tradicional choca fuertemente con los resultados de la implantación de dicha metodología en esa aula. Cuando se les solicitó una explicación de su preferencia, como se comentó anteriormente, respondieron en su gran mayoría que con el cooperativo «trabajaban menos», hecho que se ha reflejado ampliamente en sus resultados. No hay duda de que en este grupo no ha existido una asimilación de los Componentes Esenciales del Aprendizaje Cooperativo propuestos por JOHNSON ET AL., 1999.

La satisfacción de los estudiantes con la metodología tradicional ha obtenido también puntuaciones altas; de hecho, las puntuaciones más altas sobre la planificación de las clases por parte del profesor y el modo de evaluación corresponden a estos grupos. Lo que refuerza lo comentado anteriormente sobre cómo los estudiantes están acostumbrados a una metodología tradicional que los mantiene dentro de su zona de confort.

En resumen, se considera que los resultados obtenidos tras el desarrollo de esta investigación son elementos muy útiles a la hora de plantear acciones de formación y capacitación para docentes. Ello se debe a que la elección de una metodología no debe residir únicamente en las características de la misma, sino en las características del grupo en el que se va a implantar. Pues, si bien la metodología cooperativa aporta ventajas a la hora de comprender y asimilar conceptos y contenidos curriculares, su éxito dependerá del grupo en el que se desarrolle. Además, los resultados son muy valiosos para que la docente que lleve a cabo la investigación en el aula reflexione sobre su acción formativa y, a partir de ello, considere alternativas que generen mejoras en la enseñanza y en el aprendizaje en el aula.

## CONCLUSIONES

Se ha demostrado el efecto positivo de la metodología cooperativa en el aprendizaje y comprensión de los contenidos de la unidad didáctica «Los seres vivos»; los estudiantes consideran que han aprendido más contenidos y se ha comprobado que han desarrollado más capacidades. La metodología cooperativa resulta fundamental en el ejercicio de la docencia, ya que aporta al alumnado competencias y habilidades fundamentales. Además, es de gran ayuda al docente a la hora de adaptar los contenidos y materiales a los grupos con mayor diversidad. De hecho, la elaboración de los propios materiales de aula para los grupos experimentales ha resultado un elemento de gran relevancia para hacer frente a las adaptaciones necesarias derivadas de la heterogeneidad del aula.

La problemática derivada de una falta de relación entre los conceptos y su aplicación real hace que sea necesario que las situaciones planteadas en clase y la manera de abordar los temas se presenten, siempre que se pueda, de forma contextualizada y orientada hacia la resolución de problemas. Su aprendizaje se realiza mediante una indagación científica, con lo que su conocimiento se construye de una manera más enriquecedora, estimulante y más próxima al trabajo científico real.

La metodología cooperativa ha demostrado ser más motivadora para el alumnado que la metodología tradicional, a pesar de que la carga de trabajo y dificultad ha resultado superior a otras unidades. La preferencia y motivación de los estudiantes por los grupos de trabajo cooperativo puede ser un factor importante a la hora de decantarse por esta metodología.

## REFERENCIAS

- ARONSON, E. (2002). *Building Empathy, Compassion and Achievement in the Jigsaw Classroom in Improving Academic Achievement*. Nueva York, Academic Press.
- AUSUBEL, DP., NOVAK, J., HANESIAN, H. (2009). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo* (2.ª ed.). México, Trilla.
- BARRABÍN, J., SÁNCHEZ, RG. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, 53-63.
- CAÑAL, P. (2003). ¿Qué investigar sobre los seres vivos? *Investigación en la escuela*, 51, 27-38.
- COHEN, L., MANION, L., MORRISON, K. (2007). *Research Methods in Education* (6.ª ed.). Routledge. Nueva York.
- DÍAZ DE BUSTAMANTE, J., JIMÉNEZ ALEIXANDRE, MP. (1996). ¿Ves lo que dibujas? Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 183-194.
- GIL, D. (1998). El papel de la educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 69-90.

- GIL, D., MACEDO, B., MARTÍNEZ, J., SIFREDO, C., VALDÉS, P., VILCHES, A. (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile, OREALC/UNESCO.
- IBÁÑEZ, V., GÓMEZ, I. (2004). ¿Qué pasa cuando cooperamos? hablan los alumnos. *Investigación en la escuela*, 54, 69-79.
- JOHNSON, D., JOHNSON, R., JOHNSON, E. (1999). *Los nuevos círculos del aprendizaje: la cooperación en el aula y en la escuela*. Buenos Aires, Aique.
- LIANG, LL., GABEL, DL. (2005). Effectiveness of a Constructivist Approach to Science Instruction for Prospective Elementary Teachers. *International Journal of Science Education*, 27 (10), 1143-1162.
- PARCERISA, A. (1996). *Materiales curriculares. Cómo elaborarlos, seleccionarlos y usarlos*. Barcelona, Graó.
- PIAGET, J. (1981). *A dónde va la educación*. Barcelona, Teide.
- ROMERO, C. (2007). Cómo aprender y enseñar biología utilizando aprendizaje cooperativo. *Séptima Jornada sobre Aprendizaje Cooperativo* (pp. 131-142). Valladolid, GSIC.
- RUSSELL-GEBBETT, J. (1985). Skills and strategies pupils' approaches to three-dimensional problems in biology. *Journal of Biological Education*, 19 (4), 293-298.
- TILLERY, M. (2013). *Active Learning Techniques for Biology: Creative ways to improve learning outcomes in advanced biology classes*. Virginia, Patrick Henry Community College.
- VILCHES, A., GIL D. (2012). El trabajo cooperativo en las clases de ciencias: una estrategia imprescindible pero aún infrutilizada. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales* (69), 73-79.
- VYGOTSKI, LS. (1978). *El desarrollo de los procesos biológicos superiores*. Barcelona, Crítica.

# LOS CÓMICOS Y LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN COMO HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS APLICADAS A LA DOCENCIA DE PERSONAS ADULTAS

David González Jara, Miguel Manso

*Departamento de Ciencias Experimentales y su didáctica  
Facultad de Educación, Universidad Internacional de La Rioja  
Gran Vía Rey Juan Carlos I, 41. 26002 Logroño (La Rioja).  
david.gonzalez@uni:net*

**Palabras clave:** Cómic, TIC, educación de adultos, biología, aprendizaje cooperativo.

**Keywords:** Comic, ICT, adult education, biology, cooperative learning.

## Resumen

El presente proyecto combinó las características de las TIC con el diseño de cómics por parte de los propios alumnos dentro del ámbito de la educación de personas adultas. Con el objetivo de conocer si esta nueva metodología mejoraba y facilitaba la adquisición de conocimientos y destrezas en el alumnado, se utilizaron dos grupos de alumnos, conformando los grupos control y experimental. Se comparó los resultados obtenidos por los alumnos de cada grupo en el pre-test y post-test, lo que nos permitió asumir una mejora significativa en la adquisición de conocimientos en el alumnado adulto que había desarrollado el tema con la metodología TIC-cómic frente al que había recibido las clases de forma tradicional.

## Abstract

**Title:** Comics and Information and Communications Technologies as methodological tools applied to the teaching of adults.

This project combined the features of ICT with the design of comics by the students themselves, within the scope of adult education. In order to establish if this new methodology improved and enabled acquisition of knowledge and skills in adult students two groups of students were used: a control group and an experimental group. The results obtained for the students of each group in the pre-test and the post-test were compared, which enabled us to note a significant improvement in knowledge acquisition in the adult student group which had developed the topic with the ICT-comic methodology as opposed to the group which had received the classes in a traditional manner.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN

Desde hace ya algunas décadas, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (en adelante, TIC) están generando un profundo cambio en la forma en la que los individuos se relacionan, trabajan y, por supuesto, aprenden. El impacto de las TIC en nuestra sociedad ha sido tan profundo que ha modificado radicalmente, y en muy poco tiempo, nuestra forma de trabajar, de entender el ocio, e incluso el modo en el que nos relacionamos con los demás. A enorme velocidad hemos sido capaces de adaptar nuestras rutinas al uso de las nuevas tecnologías, y la mayoría de nosotros utilizamos diariamente el correo electrónico y nos comunicamos e informamos a través de las redes sociales. Muchos trabajan desde casa, compran online desde cualquier sitio y a cualquier lugar, e incluso conocen y se relacionan con otras personas sin necesidad de levantarse del sillón. No obstante, si hay un ámbito que ha sufrido con intensidad el impacto de las TIC es el de la educación, entorno en el que las antiguas metodologías diseñadas para estudiantes del pasado deben ser modificadas con el objetivo de adaptarse al nuevo paradigma bajo el cual aprenden y se desarrollan los alumnos del presente.

La interacción entre las TIC y la educación es bidireccional, ya que por un lado la escuela debe capacitar al individuo en el uso de las nuevas tecnologías,<sup>1</sup> permitiendo de esta forma su adecuada integración en una sociedad tecnológicamente avanzada, y, por otro lado, las TIC conforman una importante herramienta metodológica que correctamente utilizada puede facilitar y mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.<sup>2</sup>

La adquisición de competencias en las TIC es fundamental en cualquier nivel educativo, para evitar que la actual brecha digital continúe creciendo. Pero cobra especial importancia en el ámbito de la educación de personas adultas, puesto que la gran mayoría no ha recibido ningún tipo de formación en estos temas y muy probablemente sea su última oportunidad para adquirir conocimientos y destrezas que les permita desenvolverse de forma autónoma, sin depender de las habilidades tecnológicas que sí presentan otros individuos.<sup>3</sup> Por otro lado, hay que destacar que las características de las TIC se adaptan adecuadamente a las necesidades de aprendizaje que presenta el alumnado de un centro de adultos. La principal particularidad del alumnado adulto es la facilidad con la que, de nuevo, abandonan los estudios, debido a que la gran mayoría retoma la vida académica a costa del escaso tiempo que no dedican al trabajo o a la familia. Una metodología de enseñanza similar a la de anteriores experiencias educativas, donde el aprendizaje fracasó, favorecerá el abandono del alumno;<sup>4</sup> sin embargo, una metodología de enseñanza colaborativa basada en el uso de las TIC y alejada de la enseñanza clásica –centrada en el profesor– puede aumentar las expectativas del alumnado adulto, motivándolo<sup>5,6</sup> y, de esta forma, pudiendo disminuir el alto

<sup>1</sup> España. Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE). Boletín Oficial del Estado, 4 de mayo de 2006, 106, 17158-17207.

<sup>2</sup> GONZÁLEZ JARA, D. (2012). Proyecto colaborativo multimedia para la enseñanza del sistema nervioso y el dolor a alumnos de 3.º de ESO. *Enseñanza and Teaching*, 30, 137-158.

<sup>3</sup> CANTÓN, I. (2000). Las tecnologías como utopía en la sociedad de la información y el conocimiento y su incidencia en las instituciones educativas. En LORENZO, M. (coord.), *Las organizaciones educativas en la sociedad neoliberal*, Granada, Grupo Editorial Universitario, pp. 445-461.

<sup>4</sup> MARQUÉS, P. (2004). *Enseñanza de adultos*. Departamento de Pedagogía Aplicada, Facultad de Educación, UAB. Recuperado de <http://peremarques.pangea.org/adultos.htm>

<sup>5</sup> KATZ, Y. J. (2002). Attitudes affecting collage student's preference for distances learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18, 2-9.

<sup>6</sup> SHAW, G. Y MARLOW, N. (1999). The role of student learning styles, gender, attitudes and perceptions on Information and Communication Technology assisted learning. *Computers and Education*, 33, 223-224.

grado de abandono que caracteriza a este tipo de enseñanza. Además, las TIC, usadas en el aula como herramienta metodológica, generan nuevos contextos para la adquisición de conocimientos que permiten, por un lado, al alumno colaborar con sus compañeros durante el proceso de aprendizaje y, por otro, al profesor optimizar su intervención en el aula al proporcionarle nuevas formas de comunicación con el alumno.<sup>7</sup> De este modo, el alumnado adulto recupera el protagonismo en su propio proceso de aprendizaje, protagonismo que ya ha asumido en otros muchos ámbitos, como el familiar o el laboral. Es complicado que el rol protagonista que el adulto desempeña en su vida diaria desaparezca durante su «nueva» vida de estudiante, lo que justifica la aplicación de metodologías educativas que mantengan y potencien esa autonomía que el alumno ya presenta en otros ámbitos de la sociedad. Por otro lado, las TIC favorecen la retención<sup>8</sup> y comprensión<sup>9</sup> de los contenidos trabajados, actuando como facilitadoras en el proceso de aprendizaje para cualquier tipo de alumnado. Frente a las clases convencionales –magistrales–, donde el ritmo de enseñanza-aprendizaje está marcado exclusivamente por el profesor, una metodología que integra adecuadamente las TIC permite al alumno marcar su propio ritmo de aprendizaje.<sup>10</sup> Así, las TIC en el aula se convierten en herramientas enormemente valiosas para la enseñanza de cualquier tipo de alumnado, adaptándose especialmente al aprendizaje más lento y al razonamiento más pausado que caracteriza al alumnado adulto.

## 1.2. CÓMICS

Todo lo anteriormente expuesto hace de las TIC una importante y poderosa herramienta metodológica en la enseñanza de adultos; sin embargo, en este proyecto no se ha renunciado al uso de otras estrategias, quizás con una presencia menos habitual en el aula, pero igualmente interesantes y prometedoras, como el manejo de los cómics con fines formativos y educativos. Desde luego, los cómics distan de ser un medio comunicativo novedoso, tanto niños como adultos vienen leyéndolos desde hace muchísimo tiempo; sin embargo, hasta hace muy poco su introducción en el aula parecía algo imposible, debido a la tendencia del profesorado a considerarlos como algo ajeno al proceso de enseñanza-aprendizaje, e incluso dañino a la hora de adquirir conocimientos y destrezas por parte del alumnado, asociándolo en mayor medida al ocio que a la enseñanza.<sup>11</sup> Sin embargo, el cómic, al igual que ocurre con las TIC, presenta unas características que pueden ser aprovechadas en el aula, y muy especialmente en la enseñanza de adultos. El cómic conjuga el lenguaje verbal con el lenguaje visual, transmitiendo por tanto un mensaje verboicónico que es percibido por el lector con poco esfuerzo y que se adapta muy bien a ese ritmo de aprendizaje y razonamiento más lento del alumnado adulto. Además, hay que destacar que más allá de la lectura, el diseño de los cómics promueve la creatividad, la capacidad de síntesis y la motivación;<sup>12</sup> pero sobre todo el cómic se adapta perfectamente a un aspecto característico del alumnado adulto, la necesidad que este tiene de partir de conceptos concretos, conocidos o experimentados para alcanzar el

---

<sup>7</sup> MONEREO, C. (2005). *Internet y competencias básicas: Aprender a colaborar, a comunicarse, a participar, a aprender*. Barcelona, Editorial Graó.

<sup>8</sup> MILLER, L., MORENO, J., WILLCOCKSON, I., SMITH, D. Y MAYES, J. (2006). An online, Interactive approach to teaching neuroscience to adolescents. *Life Sciences Education*, 5, 137-143.

<sup>9</sup> MARCHESI, A. Y MARTÍN, E. (2006). *Tecnología y aprendizaje*. Madrid, Editorial SM.

<sup>10</sup> GONZÁLEZ JARA, D. (2012). Proyecto colaborativo multimedia para la enseñanza del sistema nervioso y el dolor a alumnos de 3.º de ESO. *Enseñanza and Teaching*, 30, 137-158.

<sup>11</sup> MILLARD, E. Y MARSH, J. (2001). Sending Minnie the Minx Home: Comics and reading choices. *Cambridge Journal of Education*, 31:1, 25-38.

<sup>12</sup> GUTIÉRREZ, T. (2006). Teenagers and Comic. Study and Practice in the classroom. An evaluation proposal. *Arte, Individuo y Sociedad*, 18, 29-56.



conocimiento de otros conceptos de mayor abstracción y complejidad, que de otra forma les sería muy difíciles de adquirir.

Por tanto, de forma al menos teórica, tanto las TIC como los cómics presentan unas características que, combinadas y aplicadas correctamente en el aula, deberían conformar una metodología de enseñanza altamente eficaz en la docencia del alumnado adulto. Con este tipo de enseñanza se cubrirían muchas de las deficiencias que este alumnado especial presenta, y se daría respuesta a muchas de sus necesidades tanto actitudinales como procedimentales y cognitivas. De esta forma, el presente trabajo trató de comprobar en el aula si una metodología de enseñanza que combina las características de las TIC y los cómics es capaz de adaptarse a las particularidades que presenta la enseñanza de adultos, y mejora el proceso de aprendizaje en este tipo de alumnos.

## METODOLOGÍA

En primer lugar, se seleccionó el programa informático utilizado para diseñar los cómics en el aula; y entre los numerosos disponibles en Internet el elegido fue el software educativo *Bitstrips for Schools* (versión gratuita disponible en la página <http://www.bitstripsforschools.com/>). Esta aplicación presenta un gran abanico de posibilidades en cuanto a la edición de personajes y escenas que, unido a un fácil e intuitivo funcionamiento, permiten al alumno adquirir rápidamente las destrezas básicas para su manejo. Por el contrario, un programa complejo ralentizaría y dificultaría el proceso de aprendizaje y, lejos de comportarse como una herramienta facilitadora, se convertiría en un problema que se acumularía a las propias dificultades del tema. A continuación, se concretaron los contenidos que iban a ser trabajados por los alumnos mediante el uso del software educativo, para lo que se consideró necesario llevar a cabo una reunión inicial con los tres profesores que participaron en el desarrollo del proyecto en el aula. El equipo investigador, tras este primer encuentro con los docentes, decidió que el tema referente a la estructura y fisiología de la célula eucariota se adaptaba adecuadamente a las características del proyecto. Según la experiencia del equipo docente, nos encontramos ante el tema que más dificultades y fracaso generaba y, por tanto, más desmotivaba al alumnado adulto cuando era trabajado mediante una metodología clásica basada en clases magistrales; por ello se convirtió en un buen objetivo para aplicar la metodología colaborativa TIC-cómic. Los contenidos que se trabajaron versaron sobre las diferentes estructuras que conforman la célula eucariota, tanto animal como vegetal, enfatizado en el papel que desempeña cada una de ellas en el funcionamiento de la célula. En sucesivos encuentros, el equipo investigador orientó al profesorado en el uso del software educativo *Bitstrips for Schools* para, posteriormente y con su colaboración, elaborar una serie de documentos que recogían las características principales de cada una de las estructuras celulares que se trabajaron en el aula.

Con el objetivo de analizar si la metodología TIC-cómic modificaba el proceso de aprendizaje de los alumnos, se consideró necesario utilizar un grupo control. En este grupo control los alumnos recibieron exactamente los mismos contenidos, y durante el mismo número de sesiones, que los alumnos del grupo experimental, pero utilizando una metodología tradicional, basada en apuntes y clases magistrales apoyadas con presentaciones PowerPoint. De esta forma, el profesor de la asignatura explicó todas y cada una de las estructuras celulares a los alumnos del grupo control y realizó actividades con ellos, utilizando la misma metodología de enseñanza que en el resto de temas de la asignatura. Sin embargo, en el grupo experimental se utilizó una metodología novedosa, de tal forma que cada pareja de alumnos recibió un documento, elaborado por los docentes, recogiendo la información referente a una estructura celular en concreto sobre la que realizaron el cómic. Por tanto, cada pareja del grupo experimental conocía la estructura y funciones del componente celular sobre el que trabajaron en el diseño del cómic, pero desconocía las características del resto de estructuras celulares. De esta forma, se pretendió que cada grupo elaborase un cómic explicando la estructura y/o funciones de un constituyente celular sobre el que ya habían adquirido suficientes conocimientos a través del documento suministrado previamente por el

profesor: A continuación, a través de la lectura de los cómics elaborados por los otros compañeros, aprendieron las características del resto de estructuras celulares que ellos no habían trabajado. De esta manera se trató que el estudiante no solo desempeñase el papel de receptor de la información, que tradicionalmente viene asociado con el rol de alumno, sino que además participase activamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Así los alumnos del grupo experimental, a diferencia de sus compañeros del grupo control, representaron también el papel de docente, elaborando su propio material didáctico: el cómic, con el que aprendieron y enseñaron a sus compañeros.

Los alumnos del grupo experimental, distribuidos por parejas y apoyados por sus profesores, trabajaron durante 5 sesiones en el aula de Informática del centro educativo en la elaboración de los cómics (Figura 1).



Figura 1. Ejemplo de cómic realizado por los alumnos.

Finalizadas estas sesiones prácticas, el equipo investigador recogió los cómics y elaboró un documento con todos ellos, el cual estuvo a disposición de los alumnos en el blog del centro educativo (<http://adultavila.wordpress.com/>). Este documento en formato digital constituyó el material de estudio sobre el que fueron evaluados los alumnos del grupo experimental. Cada estudiante utilizó este material para el estudio personal del tema, lo que nos permitió no solo fomentar un trabajo colaborativo, sino también el trabajo individual (Figura 2).

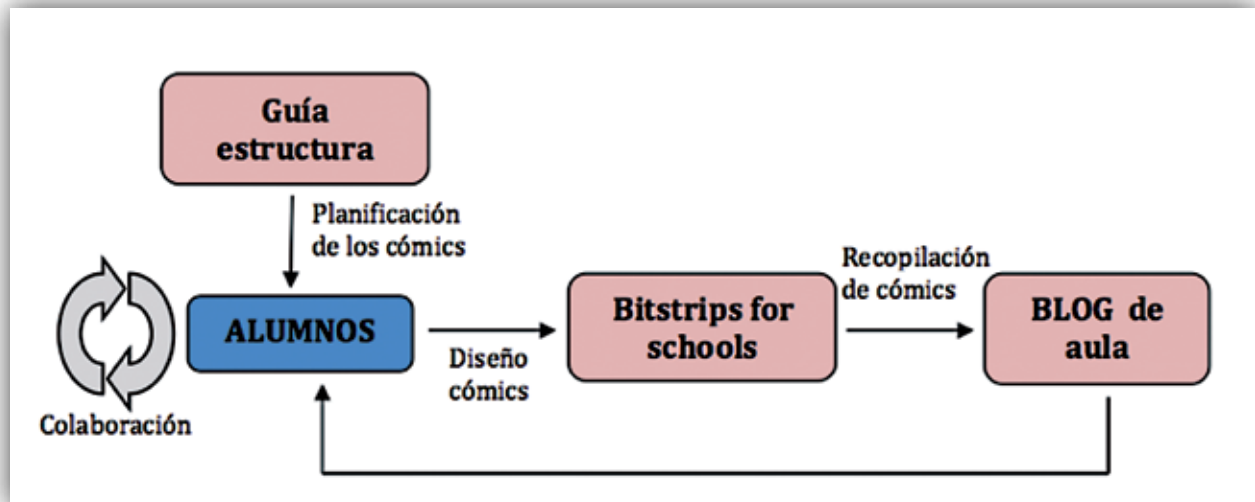


Figura 2. Diagrama resumen del procedimiento seguido por los alumnos del grupo experimental.

Por otro lado, el grupo control recibió 5 sesiones en el aula de referencia durante las cuales el profesor presentó, explicó y dictó cada una de las estructuras celulares, utilizando la misma metodología que se venía desarrollando en los otros temas de la asignatura.

## 2.1. MUESTRA

El proyecto –tras su aprobación por parte del Departamento Científico-Tecnológico del centro de adultos– se desarrolló durante el segundo cuatrimestre del curso académico 2010-2011, en las clases de tercer nivel dentro del módulo Científico-Tecnológico, grupos A y B, del turno de noche en el Centro de Educación de Adultos de Ávila (España). En el grupo experimental, grupo A, iniciaron su participación un total de 29 alumnos, realizando el pre-test y los cómics, sin embargo, solo 20 de estos (8 hombres y 12 mujeres) –con una media de edad de 31,5 años–; cumplieron con todos los pasos establecidos en el procedimiento, realizando pre-test, cómic y post-test. Por tanto, aunque se utilizaron todos los cómics realizados por los alumnos –15 en total–, el análisis estadístico corresponde exclusivamente a los 20 alumnos que completaron el proyecto.

El grupo control se correspondió con el grupo B del tercer nivel del turno de noche, y en él iniciaron su participación 24 alumnos, pero solo 16 alumnos (10 hombres, 6 mujeres) –con una media de edad de 28,4 años– realizaron pre-test y post-test.

Hay que destacar que el grado de alfabetización tecnológica del alumnado era bajo, aunque los valores son similares a la media de la Unión Europea (EUROSTAT, 2010). Un 21,1% no disponía de ordenador en sus casas, el 57,9% reconocía no estar familiarizado con el uso de las TIC en el aula, y hasta un 63,2% de estos alumnos ni siquiera había realizado hasta el momento ninguna actividad escolar haciendo uso de las TIC.

## 2.2. INSTRUMENTOS

El software Bitstrips for Schools fue utilizado para la elaboración de los cómics en el aula, pero, además, para la distribución de estos cómics entre los alumnos se hizo uso del blog de aula utilizado en la docencia del ámbito científico-tecnológico del centro de adultos (<http://adultavila.wordpress.com/>).

## 2.3. PROCEDIMIENTO

Los alumnos fueron sometidos a dos pruebas tipo test para la evaluación objetiva de sus conocimientos; una previa y otra posterior al desarrollo de los cómics en el aula (grupo experimental) o de las clases magistrales (grupo control).

La comparación entre los resultados obtenidos en el pre-test por el grupo control con los obtenidos por el grupo experimental nos permitió determinar los conocimientos previos de ambos grupos, y de esta forma apuntalar el gran problema que presenta una investigación cuasiexperimental como es esta: la validez interna. Hay que destacar que la elección de los individuos que formaron parte de cada grupo no se llevó a cabo mediante un muestreo probabilístico, sino que ya estaban previamente establecidos por la dirección del centro siguiendo un criterio de orden alfabético. Por tanto, existía la posibilidad de que los grupos control y experimental presentaran características cognitivas diferentes que invalidaran el estudio, por lo que se consideró imprescindible analizar los conocimientos previos de ambos grupos y establecer su similitud.

Los resultados obtenidos en el pre-test también sirvieron como línea base para comparar con los resultados del post-test tanto en el grupo control como en el experimental. De esta forma, la diferencia entre el resultado obtenido en el pre-test y en el post-test por cada alumno del grupo control se comparó con la diferencia entre el resultado obtenido el pre-test y el post-test por los alumnos del grupo experimental; y así poder determinar si la metodología TIC-cómic mejoraba o no los resultados obtenidos por los alumnos en una enseñanza tradicional.

Tanto pre-test como post-test estaban constituidos por las mismas 25 preguntas con cuatro posibles respuestas, donde solo una de ellas era válida (*Figura 3*), pero ordenadas de forma diferente en pre y post-test. Para la resolución de ambas pruebas de evaluación, que se realizaron simultáneamente en el grupo control y experimental, los alumnos dispusieron de 30 minutos.

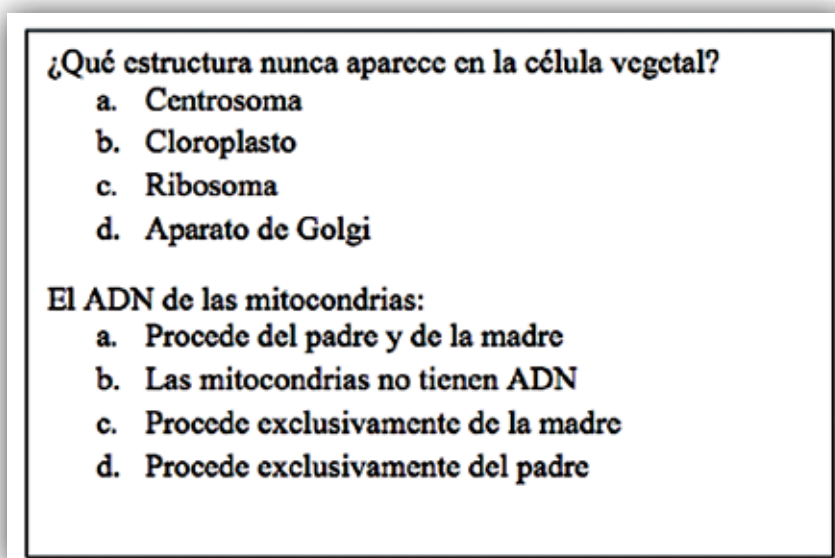


Figura 3. Ejemplo de cuestiones planteadas en pre-test y post-test.

Las preguntas versaron sobre las diferentes estructuras celulares trabajadas en los cómics (grupo experimental) y en el aula (grupo control), tratando de mantener un equilibrio entre el número de cómics referentes a una estructura celular en particular y el número de preguntas referentes a dicha estructura que aparecían en los test.

El pre-test se realizó una semana antes de facilitar a cada pareja de alumnos el documento resumen de la estructura celular sobre la que trabajaron, y diez días antes de comenzar el diseño y la elaboración de los cómics (grupo experimental) o de iniciar las clases magistrales (grupo control). El post-test se desarrolló una semana después de que el documento digital, que recogía todos los cómics elaborados por los alumnos del grupo experimental, estuviera disponible para su consulta en el blog educativo, y una semana después de concluir las clases magistrales en el grupo control, para que de esta forma los alumnos dispusieran de tiempo suficiente para poder estudiar.

Todos los datos obtenidos en la valoración objetiva de los conocimientos previos y posteriores al proyecto fueron tratados bajo el programa estadístico SPSS versión 13, llevándose a cabo dos análisis estadísticos distintos.

El primer análisis consistió en comparar los pre-test realizados en ambos grupos (control y experimental), ya que, al tratarse de un cuasiexperimento en el que no hemos podido seleccionar la muestra de forma aleatoria, es importante controlar la validez interna. Uno de los aspectos que pueden afectar a la validez interna es la diferencia de conocimientos previos entre ambos grupos, más aún cuando se trata de un alumnado adulto tremendamente heterogéneo, y que en muchos casos ya ha recibido formación previa. Con este objetivo se consideró que la mejor estrategia era llevar a cabo un contraste de hipótesis bilateral sobre la diferencia de medias de dos poblaciones independientes (grupo control vs grupo experimental), que nos permitiera analizar si los conocimientos previos de ambos grupos son (hipótesis nula) o no (hipótesis alternativa) similares.

El segundo análisis buscó dar respuesta a la hipótesis principal de la presente investigación, es decir, si la metodología TIC-cómic sí mejora los resultados, y de esa forma el proceso de enseñanza-aprendizaje, frente a la metodología tradicional. Con esta finalidad se ha llevado a cabo un contraste de hipótesis unilateral sobre la diferencia de medias donde la hipótesis alternativa la constituye la hipótesis de investigación: «La aplicación en el aula de la nueva metodología (*TIC-cómic*) ( $u_2$ ) mejora la adquisición de conocimientos referentes a la célula y sus constituyentes frente a una metodología tradicional ( $u_1$ )».

Los datos que se compararon en este segundo análisis correspondían a los valores obtenidos de la diferencia entre pre y post-test en los alumnos del grupo control y los alumnos del grupo experimental.

## RESULTADOS

En el análisis de las respuestas acertadas en el pre-test para los grupos control y experimental, los principales parámetros estadísticos obtenidos se muestran en la *Tabla 1*.

Pre-Test	N	X	S	Prueba de Kolmogorov-Smirnov		Prueba de Levene		Prueba T para la igualdad de medias	
				Z	p-valor	F	p-valor	t	p-valor
<i>Tradicional</i>	16	8,94	0,61	0,613	0,846	0,520	0,476	-1,805	0,080
<i>TIC-Cómic</i>	20	7,20	0,71						

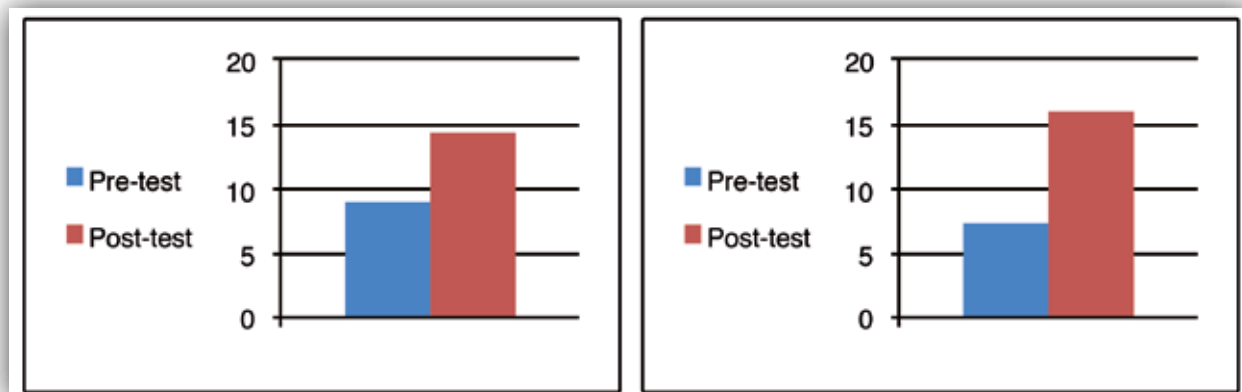
*Tabla 1.* Parámetros estadísticos pre-test grupo control y grupo experimental.

Mientras que en el análisis cuantitativo que comparó la diferencia de respuestas acertadas entre el pre-test y el post-test para los grupos control y experimental, los principales parámetros estadísticos obtenidos aparecen reflejados en la *Tabla 2*.

Diferencia respuestas acertadas Pre-Test vs. Post-Test	N	X	S	Prueba de Kolmogorov-Smirnov		Prueba de Levene		Prueba T para la igualdad de medias	
				Z	p-valor	F	p-valor	t	p-valor
<i>Tradicional</i>	16	5,38	4,94	0,599	0,865	0,420	0,521	1,918	0,032
<i>TIC-Cómic</i>	20	8,70	5,34						

*Tabla 2.* Parámetros estadísticos sobre la diferencia de los resultados obtenidos entre pre-test y post-test en grupo control y grupo experimental.

El valor medio de respuestas correctas en el pre-test fue de 8,94 para los alumnos del grupo control y de 7,20 en los alumnos del grupo experimental. En el caso del post-test, el número de respuestas correctas para los alumnos del grupo control ascendió hasta un valor de 14,30, mientras que en el grupo experimental alcanzó un valor medio de 15,90. De esta forma, los alumnos del grupo control consiguieron aumentar el número de respuestas correctas en una media de 5,38 tras el desarrollo de las clases magistrales, mientras que en los alumnos del grupo experimental el incremento de respuestas correctas alcanzó una media de 8,70 tras el desarrollo del proyecto TIC-cómic. En la *Figura 4a* se muestra el número de respuestas correctas en el pre-test y el post-test del grupo control, mientras que en la *Figura 4b* se puede observar el número de respuestas correctas en el pre-test y el post-test del grupo experimental.



*Figura 4.* Número de respuestas correctas en pre-test y post-test a. grupo control y b. grupo experimental.

## DISCUSIÓN

Los adultos conforman un alumnado con unas características motivacionales, procedimentales y cognitivas especiales, cuyas necesidades y expectativas distan de ser cubiertas bajo una metodología de enseñanza clásica.<sup>13</sup> Las TIC, al generar nuevos contextos de aprendizaje, favorecer el trabajo colabo-

<sup>13</sup> MARQUÉS, P. (2004). *Enseñanza de adultos*. Departamento de Pedagogía Aplicada, Facultad de Educación, UAB. Recuperado de <http://peremarques.pangea.org/adultos.htm>

rativo y minimizar la dependencia del profesor; constituyen unas importantes herramientas que facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje cuando son correctamente utilizadas en el aula. Asimismo los cómics, al utilizar la combinación de imágenes con un lenguaje directo, favorecen la comprensión de conceptos abstractos. Esta característica unida a su capacidad para potenciar la creatividad –cuando es el propio alumno quien diseña los cómics– hace de ellos una potente estrategia a utilizar en la enseñanza de adultos.

Este estudio es pionero al presentar los primeros resultados obtenidos hasta el momento cuando se combinan estas dos potentes herramientas metodológicas, las TIC y el diseño de cómics, en la enseñanza de adultos. En primer lugar, podemos asegurar que ambos grupos presentaban unas características semejantes, tanto en el nivel de conocimientos previos como en la edad de los integrantes, que nos permiten garantizar la validez interna de la experiencia. Por un lado, los estadísticos obtenidos en la valoración de los conocimientos previos del grupo control y del grupo experimental mediante el pre-test (p-valor de 0,846 en la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y p-valor de 0,476 en el test de Levene), muy superiores al nivel de significación (0,05), nos permitieron asumir con una seguridad del 95% la normalidad y la homocedasticidad de ambos grupos. Así, al aplicar el contraste de hipótesis bilateral sobre la diferencia de medias de dos poblaciones independientes (pre-test grupo control vs pre-test grupo experimental) asumiendo igualdad de varianzas, obtenemos un p-valor de 0,08, que nos permite aceptar la hipótesis nula de igualdad de medias y, de esta forma, asumir que los conocimientos previos de ambos grupos son similares. Mientras que, por otro lado, la equivalencia entre ambos grupos que sustenta la validez interna del proyecto, además de por el semejante nivel de conocimientos previos, también se ve apoyada en la edad media muy similar de los individuos que conforman ambos grupos, y que se sitúa alrededor de los 30 años (31,5 años de media en el grupo experimental y 28,4 años de media en el control).

Los estadísticos obtenidos al comparar los resultados alcanzados por los alumnos al aplicar en el aula la metodología tradicional (grupo control) frente a los alcanzados al aplicar la metodología TIC-cómic (grupo experimental) nos permitió, en primer lugar, considerar la normalidad y la homocedasticidad de la muestra (p-valor de 0,865 en la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y p-valor de 0,521 en el test de Levene), para posteriormente en el contraste de hipótesis unilateral sobre la diferencia de medias obtener un p-valor de 0,03, que nos permite aceptar con una confianza del 95% que la aplicación de la metodología colaborativa, fundamentada en las TIC y en el diseño de cómics, ha mejorado la adquisición de conocimientos y competencias en el tema sobre la célula eucariota frente a la metodología tradicional. Los resultados obtenidos a través de las encuestas y del análisis de los datos de la evaluación del proyecto nos hacen ser tremendamente optimistas y nos animan a aplicar esta metodología en la docencia de otros temas del ámbito científico-tecnológico, e incluso a ampliarlo a otros ámbitos como el lingüístico o el social.

# EXPERIENCIA DIDÁCTICA DEL PROYECTO A<sup>3</sup> PARA ESCOLARES: ACTIVIDAD FÍSICA, ALIMENTACIÓN Y ANTROPOMETRÍA

Noemí López-Ejeda

*Grupo de Investigación Epinut, Universidad Complutense de Madrid (Ref. 920325)*

Ángel Herráez

*Bioquímica y Biología Molecular, Dpto. Biología de Sistemas, Universidad de Alcalá  
Grupo de Investigación Epinut, Universidad Complutense de Madrid (Ref. 920325)*

Marisa González Montero de Espinosa

*Grupo de Investigación Epinut, Universidad Complutense de Madrid (Ref. 920325)*

M.<sup>a</sup> Dolores Marrodán

*Grupo de Investigación Epinut, Universidad Complutense de Madrid (Ref. 920325)  
Dpto. Zoología y Antropología Física, Facultad de CC. Biológicas, Universidad Complutense de Madrid  
marrodan@bio.ucm.es*

**Palabras clave:** Condición nutricional, actividad física, TCA, dieta mediterránea, investigación en el aula.

**Keywords:** Nutritional state, physical activity, eating disorders, Mediterranean diet, research in the classroom.

## Resumen

El Proyecto A<sup>3</sup> fue un curso de formación del profesorado promovido por el grupo EPINUT-UCM. En esta actividad participaron 15 docentes de Primaria y Secundaria, de nueve centros educativos de la Comunidad de Madrid, y fueron analizados 670 estudiantes de ambos sexos, entre 9 y 16 años. La finalidad era enseñar a los profesores la forma de evaluar el estado nutricional, la calidad de la dieta, el nivel de actividad física y el riesgo de padecer Trastornos del Comportamiento Alimentario en los escolares. También concienciar al alumnado en la importancia de todas las facetas anteriores para su salud presente y futura.

## Abstract

«Proyecto A<sup>3</sup> para escolares» (A<sup>3</sup> Project for Schoolchildren) was a teacher training course promoted by the EPINUT-UCM Research Group. 15 primary and secondary school teachers participated in this acti-



vity, coming from nine centres in the region of Madrid, and data were analysed from a total of 670 schoolchildren, between 9 and 16 years old. The aim was to instruct teachers the way to assess on their students nutritional state, quality of their diet, level of physical activity and risk of eating disorders. An additional objective was to develop a consciousness in schoolchildren about the relevance of the above-mentioned topics on their current and future health.

## 1. PRESENTACIÓN

El Proyecto A<sup>3</sup> corresponde a un curso de formación del profesorado de Primaria y Secundaria que fue promovido por el grupo de investigación EPINUT (<http://www.epinut.org.es/>) de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y organizado por el Colegio Profesional de la Educación (CDL), durante el año 2013. Dicha experiencia pretendía orientar a los docentes en la metodología apropiada para investigar, juntamente con el alumnado, determinados aspectos del campo alimentario. Esta actividad fue enfocada al ámbito escolar porque la etapa de la infancia y adolescencia es un período fundamental para promover una vida sana, que asegure una buena salud presente y futura.

Este evento formativo pretendía conseguir una serie de objetivos específicos sumamente ambiciosos. En primer lugar, orientar a los enseñantes en los métodos antropométricos, tanto directos como derivados, usados para determinar el nivel de crecimiento y condición nutricional de los escolares. En segundo término, familiarizar a los docentes con los cuestionarios usados habitualmente para evaluar la calidad de la dieta y el grado de adhesión al patrón mediterráneo. Seguidamente, instruirlos en la metodología adecuada para localizar posibles casos de extrema delgadez, sobrepeso u obesidad y entrenarlos en la detección de determinados Trastornos del Comportamiento Alimentario (TCA). Por último, enseñarles el modo de evaluar la condición física de los jóvenes para, posteriormente, relacionar todo lo anterior con el estado auxológico y nutricional.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. PROCEDENCIA DE LA MUESTRA

En esta experiencia participaron 15 docentes de Primaria y Secundaria de centros de enseñanza madrileños. Dichos centros educativos fueron los colegios Aldeafuente, Base, CEU San Pablo Montepríncipe, Legamar, Rafaela Ybarra, SEK Ciudalcampo, CEIP León Felipe (Fuenlabrada) y el Instituto de Educación Secundaria (IES) Santa Eugenia. El alumnado estuvo constituido por un total de 670 escolares (301 chicos y 369 chicas) de ambos sexos, con edades comprendidas entre los 9 y los 16 años. Se contó con el consentimiento informado de padres o tutores, según establece la normativa de Helsinki dictada por la World Medical Association (WMA).<sup>1</sup>

### 2.2. ANTROPOMETRÍA

Las dimensiones corporales directas se tomaron siguiendo la normativa del International Biological Programme (IBP)<sup>2</sup> y fueron el peso (kg) y la talla (cm). A partir de dichos parámetros se calculó el Índice de Masa Corporal (IMC) mediante la expresión  $IMC = \text{peso (kg)} / \text{talla (m)}^2$ . La clasificación de la condición nutricional se hizo en función del IMC y de acuerdo al criterio recomendado por el International Obesi-

<sup>1</sup> WORLD MEDICAL ASSOCIATION (2013), Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects ([www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html](http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html)).

<sup>2</sup> WEINER, J. S. Y LOURIE, J. A. (1981), *Practical Human Biology*. Londres, Academic Press.

ty Task Force.<sup>3,4</sup> Estas referencias internacionales ofrecen puntos de corte que permiten categorizar a los sujetos en insuficiencia ponderal (leve, moderada o severa), normopeso, sobrepeso y obesidad.

### 2.3. EVALUACIÓN DE LA DIETA

El consumo de alimentos, así como la diversidad y calidad de la dieta se evaluaron a través del cuestionario KIDMED, que fue desarrollado a partir de una investigación a nivel nacional sobre alimentación, forma física y estado nutricional de niños y adolescentes.<sup>5</sup> Esta encuesta toma como referente la dieta mediterránea, que se considera un patrón saludable. Igualmente tiene la ventaja de que puede cumplimentarse en un tiempo muy breve, ya que consta únicamente de 16 preguntas sobre los hábitos dietéticos y la frecuencia de la ingesta de determinados grupos de alimentos. Las cuestiones se contestan de manera afirmativa o negativa, y las respuestas puntúan en positivo o en negativo (véase *Tabla 1*). Según el resultado obtenido, la dieta se clasifica en óptima (cuando la puntuación es mayor o igual a 8), mejorable (si el resultado está entre 4 y 7, ambos incluidos) o de mala calidad (si es menor o igual a 3).

Tomas una fruta o zumo de fruta cada día	+1
Tomas una segunda fruta cada día	+1
Tomas verduras frescas (ensalada) o cocinada una vez al día	+1
Tomas verduras frescas (ensalada) o cocinadas más de una vez al día	+1
Tomas pescado con regularidad (al menos 2-3 veces a la semana)	+1
Vas una vez o más a la semana a un centro de comida rápida (hamburguesería)	-1
Tomas más de una vez a la semana legumbres (lentejas, garbanzos...)	+1
Tomas pasta o arroz casi a diario (5 o más veces por semana)	+1
Desayunas cereales o pan	+1
Tomas frutos secos habitualmente (al menos 2-3 veces a la semana)	+1
Empleáis aceite de oliva en casa	+1
A veces, o siempre, te saltas el desayuno	-1
Desayunas un lácteo (leche, yogur...)	+1
Desayunas bollería industrial (galletas, magdalenas...)	-1
Tomas 2 yogures y/o un trozo de queso cada día	+1
Tomas varias veces al día dulces o golosinas	-1

*Tabla 1.* Cuestionario KIDMED.

<sup>3</sup> COLE, T. J., BELLIZZI, M. C., FLEGAL, K. M. Y DIETZ, W. H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide international survey. *British Medical Journal*, 320, 1240-1243.

<sup>4</sup> COLE, T. J., FLEGAN, K. M., NICHOLLS, D. Y JACKSON, A. A. (2007). Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *British Medical Journal*, 335, 194-202.

<sup>5</sup> SERRA-MAJEM, L. L., RIBAS, L., NGO, J., ORTEGA, R. M., GARCÍA, A., PÉREZ-RODRIGO, C. Y ARANCETA, J. (2004). Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean diet quality index in children and adolescents. *Public Health Nutrition*, 7, 931-935.

## 2.4. VALORACIÓN DEL NIVEL DE EJERCICIO

La determinación del nivel de actividad física y de las horas de descanso diarias se llevó a cabo utilizando un cuestionario desarrollado por el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) de la Universidad de Chile.<sup>6</sup> Esta encuesta consta de cinco apartados divididos a su vez en subapartados que puntúan de forma independiente (*Tabla 2*), siendo 10 la máxima puntuación del test. Un número inferior a 5 indica que el escolar lleva una vida demasiado sedentaria y, por tanto, necesita incrementar el tiempo destinado a la actividad física.

En el cuestionario original, el apartado III evalúa el número de cuadras que se caminan diariamente. Con el fin de adaptarlo a las costumbres de la población española, se ha estimado el tiempo promedio que se tarda en recorrer una cuadra y se ha transformado la pregunta en minutos que se andan por día.

<b>I. Acostado (h/día)*</b>	N.º horas	Total horas	< 8 h = 2 puntos 8-12 h = 1 punto >12 h = 0 puntos	Puntos
a) Durmiendo de noche				
b) Siesta en el día				
<b>II. Sentado (h/día)*</b>	N.º horas	Total horas	< 6 h = 2 puntos 6-10 h = 1 punto >10 h = 0 puntos	
a) En clase				
b) Tareas escolares (leer, dibujar)				
c) En comidas				
d) En auto o transporte				
e) TV + PC + videojuegos				
<b>III. Caminando (minutos/día) *</b>	N.º minutos	Total minutos	< 10 min = 0 puntos 10-20 min = 1 punto > 10 min = 2 puntos	
Hacia o desde el colegio o cualquier lugar rutinario				
<b>IV. Juegos al aire libre (minutos/día) *</b>	N.º minutos	Total minutos	> 60 min = 2 puntos 30-60 min = 1 punto < 30 min = 0 puntos	
Bicicleta, pelota, corre				
<b>V. Ejercicio o deporte programado (h/semana)</b>	N.º horas	Total horas	> 4 h = 2 puntos 2-4 h = 1 punto < 2 h = 0 puntos	
a) Educación física				
b) Otros deportes				
Puntuación total				
* Si la actividad no se realiza todos los días laborables (lunes a viernes), la suma de las horas semanales se divide por 5.				

*Tabla 2.* Cuestionario INTA modificado.

<sup>6</sup> GODARD, C., RODRÍGUEZ, M. P., DÍAZ, N., LERA, L., SALAZAR, R. Y BURROWS, A. (2008). Valor de un test clínico para evaluar la actividad física. *Rev. Med. Chile*, 136, 1155-62.

## 2.5. IMAGEN DEL PROPIO CUERPO Y DETECCIÓN DE TRASTORNOS DEL COMPORTAMIENTO ALIMENTARIO (TCA)

Los TCA son patologías del ámbito psicológico que se presentan cada vez con más frecuencia entre los adolescentes de los países desarrollados. Tienen más posibilidades de curación si se realiza un diagnóstico precoz de la enfermedad. En este sentido, los test de autopercepción de la imagen corporal son un buen instrumento para detectarlos, ya que con ellos los individuos pueden poner de manifiesto una distorsión o posible insatisfacción de su propia figura. Complementando esta técnica, es muy útil el uso de pruebas psicométricas que permiten medir el riesgo de desarrollar un TCA a partir de preguntas relacionadas con los hábitos dietéticos.

### a) Test de autopercepción de la imagen corporal

Para valorar la percepción de la propia figura, hemos usado una adaptación del método propuesto en su día por Stunkard y Stellar<sup>7</sup> y modificado por Collins,<sup>8</sup> que se muestra en la *Figura 1*. Dicho protocolo se fundamenta en la identificación del sujeto con una determinada silueta a la que corresponde un IMC concreto, desconocido en todo momento por los encuestados. Cada escolar selecciona en primer lugar la figura que, en su opinión, se corresponde con su silueta (IMC percibido). En segundo término, aquella otra que desea tener (IMC deseado) y, finalmente, la que se corresponde con su preferencia para el sexo opuesto. Comparando los valores de IMC percibido y deseado con los del IMC real –obtenido por antropometría– se obtiene un patrón de conformidad o disconformidad del individuo con su figura y un análisis del realismo del sujeto a la hora de valorar su estado físico. Por otra parte, a partir de la respuesta relativa a la imagen predilecta del sexo opuesto, se estima cuál es la silueta femenina más valorada por los chicos y la masculina elegida por las chicas.

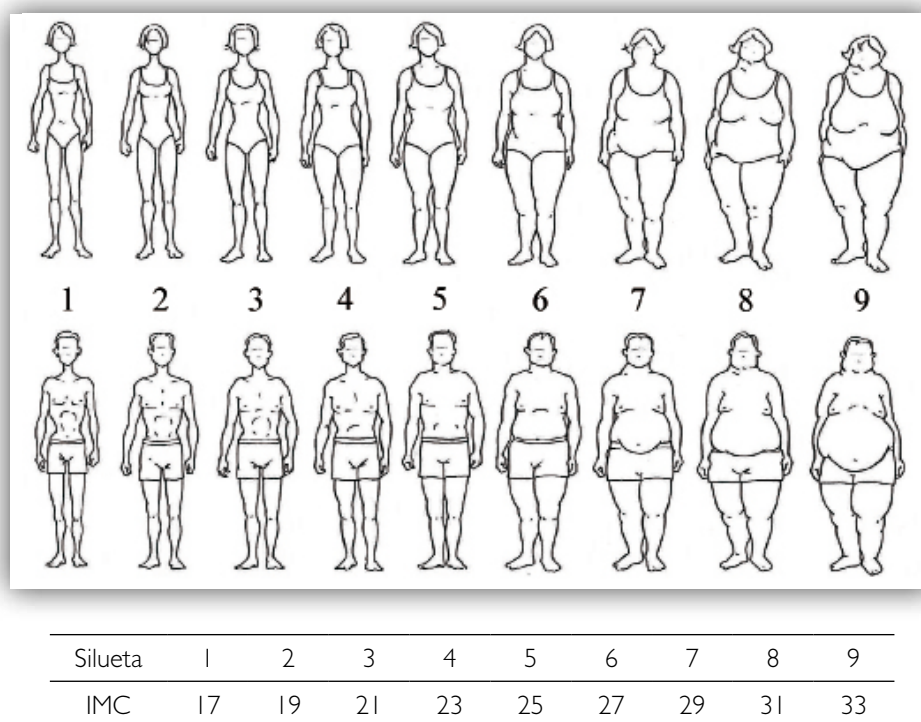


Figura 1. Test de autopercepción corporal

<sup>7</sup> STUNKARD, A. Y STELLAR, E. (1990). Eating and its disorders. En CASH, T. y PRUZINSKY, T. (eds.). *Body images*, Nueva York, Guilford Press, pp. 3-20.

<sup>8</sup> COLLINS, M. E. (1991). Body figure perceptions and preferences among preadolescent children. *Int. J. Eat. Dis.*, 10, 199-208.

#### b) Test psicométrico de autodiagnóstico del riesgo de TCA

Distintos autores han desarrollado cuestionarios psicométricos concebidos para el diagnóstico específico de TCA, que puedan ser aplicables en estudios epidemiológicos y poblacionales. Tales encuestas giran en torno a la conducta del sujeto con relación a la alimentación y constan de un número muy variable de preguntas de respuesta múltiple. El utilizado en el presente proyecto<sup>9</sup> (Tabla 3) fue elegido por su sencillez y brevedad, y reúne un total de 26 ítems con 4 posibles respuestas.

En todas las preguntas, excepto en la 1 y la 25, se puntúa la respuesta A con tres puntos, la B con 2, la C con 1 y el resto (D, E y F) con 0. En el caso de las cuestiones 1 y 25, se valora la F con 3 puntos, la E con 2, la D con 1 y las demás con 0. Según el número de puntos finales obtenidos, se clasifica al escolar en tres posibles categorías: ausencia de patología (< 9 puntos), predisposición a TCA (9 a 19 puntos) y presencia de enfermedad (> 19 puntos).

---

<sup>9</sup> GARNER, D. M., OLMSTED, M. P., BOHR, Y. Y GARFINKEL, P. E. (1982). The eating attitudes test: psychometric features and clinical correlates. *Psychological Medicine*, 12, 871-878.

		A	B	C	D	E	F		
1	Me gusta comer con otras personas								
2	Procuro no comer aunque tenga hambre								
3	Me preocupo mucho por la comida								
4	A veces me «atraco» de comida, sintiendo que era incapaz de parar de comer								
5	Corto mis alimentos en trozos pequeños								
6	Tengo en cuenta las calorías que tienen los alimentos que como								
7	Evito, especialmente, comer alimentos con muchos hidratos de carbono (pan, arroz, patatas)								
8	Noto que los demás preferirían que comiera más								
9	Vomito después de haber comido								
10	Me siento muy culpable después de comer								
11	Me preocupa la idea de tener grasa en el cuerpo								
12	Pienso en quemar calorías cuando hago ejercicio								
13	Me preocupa el deseo de estar más delgado/a								
14	Los demás piensan que estoy demasiado delgada/o								
15	Tardo en comer más que otras personas								
16	Procuro no comer alimentos con azúcar								
17	Como alimentos de régimen								
18	Siento que los alimentos controlan mi vida								
19	Me controlo en las comidas								
20	Noto que los demás me presionan para que coma								
21	Paso demasiado tiempo pensando y ocupándome de la comida								
22	Me siento incómodo/a después de comer dulces								
23	Me comprometo a hacer régimen								
24	Me gusta sentir el estómago vacío								
25	Disfruto comiendo comidas nuevas y sabrosas								
26	Tengo ganas de vomitar después de las comidas								
		A	B	C	D	E	F		
<table border="1"> <tr> <td>Resultado</td> <td></td> </tr> </table>		Resultado							
Resultado									
<p style="text-align: center;"><i>A: siempre; B: casi siempre; C: bastantes veces; D: algunas veces; E: casi nunca; F: nunca</i></p>									

Tabla 3. Test psicométrico



# AÑO INTERNACIONAL DE LA CRISTALOGRAFÍA (2014): UNA OPORTUNIDAD PARA INTRODUCIR ESTE ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LAS CLASES DE CIENCIAS

Manuela Martín, M.<sup>a</sup> Teresa Martín, Gabriel Pinto, José María Hernández

*Grupo de Didáctica e Historia  
Reales Sociedades Españolas de Física y de Química Facultad de Químicas  
Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid  
mmartins@edu.ucm.es*

**Palabras clave:** Cristalografía, cristales, enseñanza de la Química, Historia de la Ciencia, trabajo experimental en educación secundaria

**Keywords:** Crystallography, Crystals Chemistry teaching, Science History, Experimental work in secondary education.

## Resumen

Nuestro trabajo, tras introducir brevemente la importancia de la cristalografía en el contexto de su Año Internacional, se centra en ejemplos concretos de obtención de cristales que puedan resultar interesantes en la enseñanza en niveles no universitarios, indicando en cada caso cuál es el objetivo que perseguimos utilizando ese trabajo experimental.

## Abstract

Our work, after introducing briefly the importance of crystallography in the context of the International Year, focuses on concrete examples of obtaining crystals that may be of interest in teaching at pre-university levels, indicating in each case the goal we pursue using this experimental work.

## INTRODUCCIÓN

La importancia de la cristalografía queda patente teniendo en cuenta que más de veinte premios Nobel entre Física y Química se han concedido a científicos que han trabajado en este tema. Los primeros fueron los premios Nobel de Física Max Theodor Felix von Laue<sup>1</sup> en 1914 y William Henry Bragg y su hijo

---

<sup>1</sup> [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1914/laue-bio.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1914/laue-bio.html). Visitada 13/4/14



William Lawrence Bragg en 1915<sup>2</sup>. El primero se dio cuenta que un cristal era una buena rejilla de difracción de rayos X y así obtuvo las primeras imágenes de difracción que, aunque muy borrosas, permitirían afirmar la estructura de los cristales. Los Bragg, además de encontrar la relación matemática que permitiría calcular distancias cristalinas, perfeccionaron la técnica con rayos X monocromáticos consiguiendo unas imágenes muy nítidas. Esta técnica, que se ha ido perfeccionando, se sigue utilizando y ha permitido conocer la estructura de los diferentes compuestos químicos, desde las vitaminas a los ácidos nucleicos, y ha contribuido a la concesión de otros muchos premios Nobel. Este es el motivo por el que la Unesco ha declarado Año Internacional de la Cristalografía al año 2014. Por otra parte es el centenario del nacimiento de Max Ferdinand Perutz (1914-2002), que fue, junto con John Cowdery Kendrew (1917-1997), premio Nobel de Química 1962 por sus estudios en las estructuras de las proteínas globulares.

La mejora de las técnicas utilizadas en cristalografía con el sincrotrón de rayos X y el láser de electrones permitirá conocer más detalladamente las estructuras de los nanocristales, virus, etc.<sup>3</sup>

Cultivar cristales es además una importante herramienta didáctica y pocos estudiantes permanecen impasibles en esa tarea.<sup>4</sup> Dorothy Crowfoot Hodgkin, premio Nobel de Química 1964, explica en su biografía que su interés por la química comenzó sobre los 10 años, cuando un amigo de sus padres le enseñó a cultivar cristales con unos productos químicos que le regaló.

Nuestro trabajo se centra en este segundo aspecto.

## I. DÓNDE, POR QUÉ Y CÓMO SE FORMAN CRISTALES

Como decía Linus Pauling,<sup>5</sup> toda la materia está formada de agregados de cristales más o menos grandes. Por ejemplo, indica que si vemos una pieza metálica, nunca pensamos que pueda tener estructura cristalina, pero «los gránulos cristalinos de una muestra de un metal se pueden hacer claramente visibles pulimentando la superficie y después atacándola ligeramente con un ácido. A veces son muy pequeños y se deben observar con el microscopio, pero otras son grandes y se ven a simple vista».

La materia está formada por iones o moléculas y entre los iones existen fuerzas de atracción regidas por la ley Coulomb y entre las moléculas existen interacciones tipo de Van der Waals. Las fuerzas son magnitudes vectoriales, tienen dirección y sentido; por eso al perder movilidad, los iones o moléculas solo se colocan en determinadas posiciones formando estructuras llamadas *cristales*. Dependiendo de las condiciones en las que se formen esos cristales, pueden ser muy pequeños y no se ven a simple vista o pueden ser cristales grandes, llamativos por su estructura y por su brillo.

A las moléculas o a los iones se les da la movilidad disolviendo en un líquido, fundiendo o sublimando las sustancias, y los materiales o sustancias resultantes de cada una de esas operaciones cuando vuelvan a las condiciones iniciales serán materiales cristalinos.<sup>6</sup>

Para que se formen cristales grandes las condiciones son que las moléculas o iones pierdan la movilidad lentamente, lo que supone un tiempo, dispongan de espacio suficiente para poderse orientar y no existan fuerzas externas que se sumen a las fuerzas de Coulomb o de Van der Waals; por eso el recipiente donde tenemos la materia que queremos que cristalice debe estar en reposo. Los mejores cristales se ob-

<sup>2</sup> [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1915/wh-bragg.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1915/wh-bragg.html). Visitada 13/4/14.

<sup>3</sup> BALL, P. (2013). Crystallography 101, *Chemistry World*, 10(10), 36.

<sup>4</sup> REYERO, C., MARTÍN, M., MORCILLO, J. G., GARCÍA, E. Y MARTÍN, M. T. (2008). Obtención de cristales en niveles no universitarios. *Anales de Química*, 104 (3), 215-219.

<sup>5</sup> PAULING, L. (1955), *Química General*. Valencia, Aguilar, pp. 23-26.

<sup>6</sup> FEHLNER, F. P. (1956). Growing Crystals, *Journal of Chemical Education*, 33 (9), 449-451.

tienen en las naves espaciales porque no hay gravedad. De hecho, en todos los vuelos espaciales entre los programas de investigación suele haber algunos relacionados con cristalización. Si no se cumplen esas condiciones, quedarán microcristales.

A nivel industrial es muy importante la forma y el tamaño de los cristales porque hace variar completamente, sobre todo, las propiedades físicas, pero también las químicas, como la reactividad de todos los materiales o materias sólidas. Por eso afecta a la industria de los metales, de los alimentos, de los medicamentos, etc. Este es el motivo por el cual la formación de cristales es una parte del campo de investigación de científicos de las áreas más diversas física, química, ingeniería, ciencia de materiales, geología, biología, farmacia, ciencias computacionales y diferentes industrias. Por este motivo la bibliografía sobre este tema es muy extensa, según se puede comprobar en la revisión que hacen Bajab y col.<sup>7</sup>

Los factores que intervienen en la forma de los cristales refiriéndose a disoluciones los resume el trabajo de Ballabh:<sup>8</sup> utilizar aditivos, cambiar el disolvente donde se realiza la cristalización, inducir una conducta de no equilibrio como cristalizar una disolución sobresaturada, o alterar la velocidad de evaporación, el material del recipiente de cristalización, la cantidad de disolución que cristaliza, y la cantidad de soluto y disolvente en relación con el tamaño del recipiente. Si se obtienen cristales por enfriamiento de un líquido que solidifica, es evidente que la forma depende en gran parte de la velocidad de enfriamiento. No cabe duda de que influyen la temperatura y la presión, porque intervendrán en la capacidad de difusión entre la superficie del cristal ya formado y la materia que se está depositando; podrá haber capas de adsorción preferencial sobre todo cuando existen otras sustancias en la disolución. La acción de fuerzas externas como presencia de ultrasonidos, campos magnéticos, campos eléctricos, plataformas giratorias, etc., influyen sobre la forma final del cristal porque las partículas se agrupan de maneras diferentes.

La influencia del medio en la forma de los cristales no es un descubrimiento actual. Jean-Baptiste Romé de l'Isle (1736-1790), mineralogista francés considerado el padre de la cristalografía moderna, en el volumen I de su tratado de cristalografía,<sup>9</sup> explica cómo el químico francés Guillaume-François Rouelle (1703 -1770) obtuvo, durante cinco años, cristales de sal marina en forma octaédrica como si fueran los del alumbre, cristalizando sal en presencia de orina. Un siglo más tarde, las obras de Berzelius y de Faraday describen ejemplos de cómo la adición de distintas sustancias nos permite cambiar la forma de determinados cristales. Así Faraday (1830) indica cómo cambia la forma de los cristales de cloruro de sodio si se añade urea a la disolución,<sup>10</sup> y Berzelius (1845) describe cómo se pueden conseguir cristales más grandes de nitro en una disolución de cal.<sup>11</sup>

## 2. EJEMPLOS DE OBTENCIÓN DE CRISTALES POR DISOLUCIÓN

Esta técnica la podemos utilizar para cristalizar compuestos que sean solubles en agua porque tiene enlace iónico o porque forman puentes de hidrógeno con las moléculas de agua y también para cristalizar compuestos covalentes disolviéndolos en un disolvente covalente. En todos los casos, el procedimiento es obtener una disolución saturada en caliente y dejar enfriar tanto en reposo como al enfriarse; en

<sup>7</sup> BAJAB, H., BISHT, S., YADAV, M. Y SINGH, V. (2011). Bioavailability Enhancement: A Review. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 2 (2), 202-216.

<sup>8</sup> BALLABH, A., TRIVEDI, D. R., DASTIDAR, P., GHOSH, P. K., PRAMANIK, A. Y KUMAR, V. G. (2006). A practical approach to produce near-spherical common salt crystals with better flow characteristics. *Crystal Growth & Design*, 6, 1591-1594.

<sup>9</sup> ROME DE L' ISLE, J. B. L. DE (1783). *Crystallographie: description des formes propres à tous les corps du règne mineral*, París, Vol. I, p. 379.

<sup>10</sup> FARADAY, M. (1830). *Chemical Manipulations, being instructions to students of Chemistry*. John Murray, Londres, p. 251.

<sup>11</sup> BERZELIUS, J. J. (1845). *Tratado de Química*, Vol. 2, 4.ª edic. traducida por Rafael Sáez Palacios y Carlos Ferrari, Ignacio Boix, Madrid, p. 68.

prácticamente todas las sustancias, disminuye la solubilidad y por otra parte se puede evaporar parte del disolvente y llega un momento que empieza a depositarse el soluto porque ya no tiene cabida en la disolución. Si se quieren obtener cristales que crezcan en las tres dimensiones, es necesario obtener primero un cristal de esta forma y uno de esos, como semilla, se coloca en una disolución saturada para que siga creciendo por todas las caras.<sup>12</sup>

Como ejemplos de sustancias solubles en agua por tener enlace iónico nos serviría cualquier sal; entre las más adecuadas consideramos sulfato de cobre (II), fosfato monoamónico, sulfato doble de aluminio y potasio y nitrato de potasio.

Para trabajar con alumnos de ESO, recomendaríamos sulfato de cobre (II) pentahidratado por su color, porque sus formas geométricas son suficientemente llamativas y porque es fácil conseguir tanto cristales aislados como maclas de cristales (*Figuras 1 y 2*). Históricamente estos cristales son muy importantes, porque son los que utilizaron Laue y sus colaboradores en la difracción de los rayos X. Según dijo el propio Laue en la conferencia de recepción del premio Nobel en 1914, «son muy fáciles de obtener de tamaño grande».

Con alumnos de cursos superiores se puede utilizar esta cristalización como un ejemplo de una forma de purificar sustancias sólidas. Para obtener sustancias muy puras sería necesario cristalizar varias veces (recristalización) y como en cada cristalización se pierde sustancia, eso hará que los productos químicamente puros sean muy caros. Su obtención es laboriosa, se debe repetir la cristalización varias veces y para asegurarse que el cristal no lleva impurezas, es necesario recogerlos antes de que se evapore todo el disolvente, con lo cual también quedará parte del producto que se pierde. Los alumnos calcularán el rendimiento de la operación. Ejemplos de purificación de sustancias por cristalización los podemos encontrar en los trabajos de Stone<sup>13</sup> y Mulder.<sup>14</sup>



Figura 1. Cristales de sulfato de cobre (II).

<sup>12</sup> BAER, C. D. (1990). The Growth of Large Single Crystals. *Journal of Chemical Education*, 67(5), 410-412.

<sup>13</sup> STONE, C. (1932). Some experiments with crystals. *Journal of Chemical Education*, 9(6), 1109.

<sup>14</sup> MULDER, T., VERDONK, A. H. (1984). Redesigning a Teaching Unit on Recrystallization. *Journal of Chemical Education*, 61(5) 451-453.



Figura 2. Cristales de sulfato de cobre (II).

El fosfato monoamónico tiene la ventaja de que se pueden conseguir cristales que crecen unos sobre otros formando figuras variadas. Los alumbres, sulfatos dobles de un metal trivalente y uno monovalente que cristalizan con 12 moléculas de agua, forman octaedros perfectos y si uno de estos octaedros se introduce en una disolución saturada de otro alumbre, el cristal sigue creciendo formándose un octaedro con distintas capas de alumbre (Figura 3). Es un buen ejemplo de isomorfismo, como indica Glusker.<sup>15</sup> Como complemento, los estudiantes pueden obtener un alumbre a partir de la arena del jardín<sup>16</sup> y buscar las aplicaciones industriales de los alumbres como mordientes.



Figura 3. Alumbre.

<sup>15</sup> GLUSKER, J. P. (1988). Teaching Crystallography to Noncrystallographers. *Journal of Chemical Education*, 65(6), 474-477.

<sup>16</sup> MARTÍN, M.<sup>a</sup> T., MARTÍN, M., MORCILLO, J. G. (2005). Obtención de compuestos químicos cristalizados a partir de productos de uso cotidiano. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*. 101(3), 44-46.

Rohrman explica cómo se pueden obtener cristales de alumbre de cromo, aunque nosotros lo hemos hecho cambiando la «receta» y, en lugar de utilizar como reductor dióxido de azufre, que es difícil de manejar por ser gas y además muy tóxico, partimos de dicromato de potasio y etanol en presencia de ácido sulfúrico.<sup>17</sup>

La disolución saturada de nitrato de potasio tiene la ventaja de que se pueden ver crecer los cristales. Si en un vidrio de reloj se deja caer una gota de una disolución saturada de nitrato de potasio y se observa a través de la lupa binocular, según se está evaporando el disolvente se puede contemplar el crecimiento de unos bonitos cristales en forma de agujas. Moritz Ludwig Frankenheim<sup>18</sup> (1801-1869) en sus escritos afirma que si una de estas agujas se toma con unas pinzas y se aproxima a otra, cambia rápidamente de forma y se convierten en una especie de romboedros. Nuestra experiencia es que al tocar la aguja se fragmenta y aparecen romboedros.

Una sustancia de gran solubilidad en agua, a pesar de tener enlace covalente, pero que se disuelve por formar enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua es la sacarosa (azúcar corriente). Se pueden obtener cristales grandes de azúcar partiendo de una disolución sobresaturada disolviendo 500 g de azúcar en 150 mL de agua, en un vaso de 500 mL, dejándola hervir (a unos 120 °C) y agitando. Si se deja enfriar la disolución resultante, se obtienen cristales como si fueran estalactitas y estalagmitas, que hay que recoger en un momento adecuado haciendo un pequeño orificio en la costra que se forma en la parte superior y sacando la disolución restante, porque si no se cierra totalmente formando un bloque en el que no se puede ver nada. Son cristales grandes, transparentes, como si fueran cristal de roca.

Se trata de un experimento recomendable para estudiantes de Bachillerato porque se podría acompañar de preguntas como:

- Intente explicar la solubilidad teniendo en cuenta la fórmula del azúcar y la posible unión con las moléculas de agua. ¿Qué tipo de enlace se producirá?
- ¿Por qué la disolución hierve a más de 100 °C?
- ¿Por qué es difícil que se evapore el exceso de disolvente?
- Busque una explicación de por qué se forman los cristales de arriba a abajo y de abajo a arriba.

Además los cristales de azúcar, al romperlos en la oscuridad con unos alicates, se puede comprobar que producen luminiscencia azul. A este fenómeno se le conoce como tribo luminiscencia (término que procede del griego, *tribo*, frotar, y del latín *lumin*, luz).

Como ejemplo de cristalización de compuestos covalentes por disolución en compuestos covalentes, utilizamos la disolución de azufre en aceite de cocina. Basta con disolver azufre cañón bien pulverizado en aceite de cocina calentando y agitando para favorecer la disolución; al dejar enfriar el azufre que se había disuelto, cristaliza como se puede ver en la figura. Se pueden utilizar otros disolventes como disulfuro de carbono o tetracloruro de carbono. Si bien el primero no es recomendable por su carácter tóxico y por ser explosivas las mezclas con aire (Figura 4).



Figura 4. Azufre en aceite de cocina

<sup>17</sup> ROHRMAN, F. A., TAYLOR, N. W. (1929). The preparation of large crystals of chrome-alum and interpretation of some etch figures. *Journal of Chemical Education*, 6(3), 473-478.

<sup>18</sup> CORRENS, C. W. (1972). Frankenheim. En *Charles Scribner's Sons Dictionary of Scientific Biography*, Vol. 5 p. 124.

### EJEMPLOS DE OBTENCIÓN DE CRISTALES POR FUSIÓN

Un interesante artículo de 1928 indica cómo se puede trabajar este tema para entender la estructura de los metales,<sup>19</sup> nosotros proponemos un ejemplo que se puede realizar en laboratorios con pocos medios: la cristalización de azufre, fundiéndolo y dejándolo enfriar lentamente en un recipiente que está en reposo. El azufre debe ser la variedad que se conoce en el mercado como azufre cañón, no sirve la flor de azufre porque cristaliza mal. Se pulveriza, se echa en un tubo de ensayo hasta las tres cuartas partes, se funde calentando con cuidado, porque el azufre se sublima con facilidad y puede arder produciendo dióxido de azufre. A continuación se vierte fundido sobre papel corriente que se ha doblado como si fuera un filtro liso y se ha colocado sobre el correspondiente embudo. Se deja en reposo, observando atentamente hasta que aparece una especie de nata en la parte superior del líquido. En ese momento se coge el cucurucho de papel y se abre para que la parte del líquido que aún no ha cristalizado se separe (de lo contrario se forma una masa entre todos los cristales en la que no sería posible la observación de cristales individuales). Quedan unos cristales en forma de aguja transparentes que pertenecen al sistema monoclínico, que, con el tiempo y al enfriarse, se van haciendo opacos (pasan a ser rómbicos) (Figuras 5, 6, 7). Se puede apreciar perfectamente el cambio de una variedad alotrópica a la otra.<sup>20</sup>



Figura 5. Recipiente.

<sup>19</sup> CHAMOT, E. M., MASON, C. W. (1928). Chemical microscopy: crystallization experiments as an introduction to metallography. *Journal of Chemical Education*, 5 (1), 9-24.

<sup>20</sup> MARTÍN, M., MORCILLO, J. G., REYERO, C., MARTÍN, M. T. (2006). Trabajos experimentales con azufre. *Anales de Química*, 102(2), 42-44.



*Figura 6. Azufre monoclinico.*



*Figura 7. Azufre rómbico.*

### 3. CRISTALIZACIÓN POR SUBLIMACIÓN

Sobre la cristalización por sublimación es muy interesante el trabajo de Robertson que describe las condiciones para que se pueda producir la sublimación y ofrece una relación de compuestos que se pueden sublimar con facilidad.<sup>21</sup>

Un ejemplo adecuado es calentar una pequeñísima cantidad de yodo en un vaso sobre el que se ha colocado una cápsula con agua fría. El yodo se sublima, los vapores se solidifican de nuevo cristalizando sobre el fondo frío de la cápsula en forma de pequeños rombos, negros y brillantes. Es importante que los alumnos observen los cristales con una lupa binocular, para que puedan apreciar perfectamente su brillo metálico y su forma.

Otro ejemplo bastante espectacular es la cristalización de la naftalina por sublimación: se colocan dos bolas de naftalina troceadas en un vaso, sobre el que se pone un cucurucho de papel con la base situada en el interior de dicho vaso (Figura 8). El proceso de calentamiento debe realizarse lentamente y en un hornillo eléctrico. Cuando se note que comienza a hervir, se deja enfriar; se levanta el cucurucho y si se ha hecho de forma correcta estará lleno de unas figuras cristalinas arborescentes. Es imprescindible que sea naftalina, no sirven otro tipo de productos que se utilizan como anti-polillas. También se puede hacer colocando unas bolas de naftalina troceadas en un frasco, mejor de vidrio, que se cierra con la tapa y se coloca sobre un radiador que esté caliente, al sol o sobre un hornillo eléctrico que esté al mínimo porque no se puede calentar a temperatura muy alta, ya que puede explotar; de esta forma, la parte superior del frasco que está, más fría se llena de cristales.<sup>22</sup>

Es importante que los estudiantes comprueben la dureza de estos cristales y la comparen con la dureza de los cristales de sal gorda que tiene en su casa y expliquen a qué se deben esas diferencias teniendo en cuenta los enlaces químicos.<sup>23</sup>



Figura 8

### 4. OBTENCIÓN DE CRISTALES COMO RESULTADO DE UNA REACCIÓN QUÍMICA LENTA

La cristalización se puede producir por una reacción química muy lenta. Ejemplos de este tipo son los árboles metálicos (que ya aparecen descritos en los trabajos sobre Alquimia de Isaac Newton); en estas reacciones uno de los reactivos es sólido y, como la reacción es muy lenta, el metal producto de la reacción aparece en forma de cristales. Se consiguen introduciendo un metal más activo en una disolución de un metal menos activo (Figura 9).

- Árbol de plata: hilos de cobre en una disolución diluida de nitrato de plata o bien una moneda que tenga cobre introducida en una disolución de nitrato de plata (Figura 10).
- Árbol de plomo: un trocico de cinc colgando en una disolución diluida de nitrato de plomo (II).

<sup>21</sup> ROBERTSON, G. R. (1932). Sublimation. *Journal of Chemical Education*, 10 (9), 1713-1718.

<sup>22</sup> VOLLMER, J. J. (2000). Crystals Out of «Thin Air». *Journal of Chemical Education*, 77(4), 486-488.

<sup>23</sup> REYERO, C., MARTÍN, M., MORCILLO, J. G., GARCÍA, E. Y MARTÍN, M. T. (2008). Obtención de cristales en niveles no universitarios. *Anales de Química*, 104 (3), 215-219.



- **Árbol de hierro:** un clavo de hierro en una disolución de sulfato de cobre (II) a la que se le añaden unos cristallitos de sal gorda.



Figura 9. Metal colgado en la disolución.

La forma de trabajar es colgar un trocito o unos hilos del metal más activo dentro de la disolución de la sal del metal menos activo. Una forma fácil es colocar una cerilla o un palillo en la parte superior del recipiente y, mediante un trozo de hilo, colgar el metal (Figura 9). El proceso es lento y se deberá dejar en reposo al menos durante un día.



Figura 10. Disolución de nitrato de plata sobre una moneda que contiene cobre.

En el caso del árbol de cobre, es muy importante añadir unos cristallitos de sal gorda porque acelera la reacción al romper la capa de óxido que recubre al hierro. En otros casos similares, es una buena técnica para conseguir que un metal reaccione más deprisa.

Esta actividad puede servir para que los estudiantes consulten la escala de potenciales de reducción y comparen los hechos experimentales con lo que se podría predecir de esa escala.

También pueden servir como ejemplo de un fractal y de que la materia inorgánica se reestructura en formas muy similares a la orgánica. Se pueden conseguir todo tipo de árboles metálicos haciéndolos crecer en un medio más denso, como puede ser una disolución de silicato de sodio. A los interesados en este tema, les recomendaríamos el trabajo de Talft (1930),<sup>24</sup> que además lleva una discusión de las reacciones desde el punto de vista de electroquímica.

## 5. FORMACIÓN DE UN SÓLIDO AMORFO POR UNA REACCIÓN RÁPIDA, QUE DESPUÉS SE DISUELVE Y POSTERIORMENTE CRISTALIZA

Yoduro de plomo (II), lluvia de oro. Se mezclan dos disoluciones: una de yoduro potásico y otra de nitrato de plomo (II). Se forma un precipitado amarillo mate en forma de polvo, típico de una sustancia amorfa, de yoduro de plomo (II) (Figuras 11 y 12). Si se calienta, se disuelve porque el yoduro de plomo (II) no es soluble en agua fría pero sí lo es en agua caliente al enfriar, cristaliza en forma de unas escamas de color amarillo brillante, dando la impresión de que llueve oro. El yoduro de plomo (II) ha dejado de ser amorfo y ahora ha cristalizado. Es un experimento muy interesante para que los alumnos distinguan un sólido amorfo de uno cristalino y para que se den cuenta de que la cristalización supone un ordenamiento para llegar a esa estructura, por lo que se trata de un proceso lento.



Figura 11. Yoduro de plomo (II) amorfo.



Figura 12. Yoduro de plomo (II) cristalizado.

<sup>24</sup> TALFT, R., STARECK, J. (1930). The growth of lead crystals in silica gels. *Journal of Chemical Education*, 7(7), 1520-1936.

Si la reacción anterior se realizara lentamente, se obtendrían directamente los cristales. En una cápsula Petri con agua se colocan junto al borde de la misma unos cristales de yoduro potásico y en el extremo diametralmente opuesto otros cristales de nitrato de plomo (II). Como van reaccionando lentamente, cuando se alcancen los respectivos iones por difusión en el agua, aparece un polvo cristalino, amarillo, brillante de yoduro de plomo (II).

## 6. FORMACIÓN DE CRISTALES DE UN HIDRATO POR UNA REACCIÓN QUÍMICA EN MEDIO ACUOSO

Ejemplo de obtención de cristales del  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Se puede obtener haciendo reaccionar hierro con ácido sulfúrico. Como hierro sirve el estropajo conocido como lana superfina que por su estado de división reacciona bien y como ácido sulfúrico se puede utilizar una disolución del 20% para que no resulte peligroso. Para que sea más formativo, los alumnos comenzarán por hacer los cálculos de las cantidades de hierro y de ácido sulfúrico necesarias para obtener 10 g de sulfato de hierro (II) heptahidratado, partiendo de hierro del 90% de pureza y ácido sulfúrico del 20% de riqueza y densidad 1,1 g/mL. La reacción se debe hacer en un erlenmeyer para evitar la oxidación de  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$ . Se comienza por colocar la cantidad calculada de estropajo en trozos pequeños, se corta fácilmente con unas tijeras, y se añade el ácido sulfúrico, del cual conviene añadir el 20% en exceso sobre la cantidad calculada para que la reacción vaya bien. Se calienta para que comience a reaccionar pero con cuidado, porque una vez comenzada la reacción va bastante deprisa y, con la efervescencia producida por el desprendimiento del hidrógeno, se puede salir el contenido del matraz, por eso una vez que comienza la efervescencia se debe dejar de calentar. Cuando todo el estropajo ha desaparecido, se filtra con un filtro de pliegues, recogiendo el líquido de color verde en una cápsula.

El líquido es una disolución de sulfato de hierro (II) y dejándolo en reposo aparecen unos cristales de color verde cuya composición es  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Figura 13). Se trata de una sustancia eflorescente, por lo que al pasar el tiempo va perdiendo el color y se hace blanquecina porque pierde el agua de cristalización; por último termina poniéndose marrón porque parte del  $\text{Fe}^{2+}$  se oxida a  $\text{Fe}^{3+}$ .



Figura 13. Sulfato de hierro (II) heptahidratado.

De forma similar se pueden obtener cristales de cloruro de hierro (II) haciendo reaccionar el ácido clorhídrico con hierro; de cloruro amónico por reacción del ácido clorhídrico con hidróxido amónico; de nitrato de plomo (II) al reaccionar el ácido nítrico con el plomo; nitrato de cobre (II) por la reacción del ácido nítrico con el cobre, sin olvidar que cuando interviene el ácido nítrico es necesario hacer la reacción en una vitrina porque se producen gases tóxicos.

Todos estos experimentos se pueden utilizar como ejemplos de reacciones químicas. Los estudiantes deben comenzar por hacer los cálculos de reactivos necesarios para obtener una determinada cantidad de sustancia y, después de realizar el experimento, deberán recoger los cristales obtenidos<sup>25</sup> y calcular el rendimiento de la operación.

## 7. LA CRISTALIZACIÓN COMO FUENTE DE CALOR

Se pueden conseguir disoluciones sobresaturadas de acetato de sodio que, al entrar en contacto con determinados materiales o al producir una tensión o presión sobre ellos, cristalizan rápidamente desprendiendo calor. Este es el fundamento de determinados dispositivos que se comercializan para calentar bebidas como el café o para calentar articulaciones (muñeca, rodilla, etc). (REYERO, 2008, p. 7).

En un tubo de ensayo grande se mezclan 20 partes de acetato de sodio trihidratado con 3 partes de agua (medidos en masa), y se cierra con un tapón de goma. Se introduce en un vaso de agua caliente agitándose hasta la total disolución, obteniéndose una disolución sobresaturada de  $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Se deja enfriar sin agitar, ya que, al encontrarse la solución sobresaturada en estado metaestable, cualquier agitación provocaría la aparición de cristales. Si una vez frío se agita de forma que la disolución entre en contacto con el tapón, se produce una rápida cristalización y se libera calor. El acetato de sodio trihidratado se puede sustituir por tiosulfato de sodio pentahidratado.

Esa disolución sobresaturada de acetato de sodio es bastante estable y se puede utilizar para la formación de las estalactitas. Para lo cual se colocan unos cristallitos de acetato en una cápsula Petri y sobre ellos se va vertiendo lentamente la disolución sobresaturada, la cual irá cristalizando instantáneamente a medida que va cayendo, formándose una columna de cristales que aumenta de tamaño conforme se va añadiendo más disolución.<sup>26</sup> Estas disoluciones también se pueden conseguir en farmacias, pues se venden como «calentadores» que cristalizan desprendiendo calor cuando se dobla una chapa metálica que contienen y se redisuelven al calentarse en agua hirviendo.

## CONCLUSIONES

Como se puede comprobar a lo largo del trabajo, la cristalización se puede utilizar desde el punto de vista didáctico de varias formas. Simplemente para conseguir cristales, que sobre todo a estudiantes de ESO les sirve como un acicate para interesarse por la ciencia porque les resulta sorprendente que la materia se organice en unas estructuras tan llamativas. Lógico es que sean ellos mismos los que obtienen los cristales de sulfato de cobre o de sal común, discutiendo y comparando los resultados de los diferentes grupos. Incluso se puede proponer que añadan otras sustancias como azúcar o vinagre para comprobar si existen cambios. Este tipo de actividad la pueden realizar ellos en sus casas. Con frecuencia la hemos hecho facilitándoles a los estudiantes un botellín con una disolución de sulfato de cobre indicándoles que la coloquen en su casa en un recipiente de poco fondo, la dejen en una terraza donde

<sup>25</sup> MARTÍN, M.<sup>a</sup> T., MARTÍN, M. (1999). Trabajo experimental de Química. *Guía del profesor*, ICE, Universidad de Salamanca.

<sup>26</sup> THE ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY (2002). *Experimentos en Química Clásica*. Síntesis, Madrid.

no se mueva y observen lo que sucede al ir pasando los días. Siempre ha resultado de gran interés y al final han hecho una exposición de los resultados obtenidos.

A niveles superiores podemos explicar con este tipo de actividades otros muchos conceptos como alotropía, triboluminiscencia, proceso químico y proceso físico, rendimiento de una operación experimental, semejanza entre la estructura de la materia inerte y algunos seres vivos, diferencia entre la dureza de los cristales iónicos y los moleculares, entre otros.

Como ejemplo curioso, con estudiantes universitarios se pueden plantear actividades del tipo de la propuesta sobre el monumento del Atomium de Bruselas relacionada con la estructura de los cristales de hierro,<sup>27</sup> que propusimos recientemente.

Otros ejemplos adecuados son las propuestas de Wilson<sup>28</sup> como un trabajo opcional, durante dos tardes, para iniciación en la investigación de los estudiantes de grado. Primero cultivan cristales y unas semanas más tarde hacen un estudio de su estructura con la colaboración de investigadores posdoctorales. Milán<sup>29</sup> propone la obtención de cristales de bismuto a partir de bismuto fundido y el estudio de sus propiedades eléctricas y térmicas derivadas del tipo de cristales obtenidos que contribuye a la formación del enlace metálico.

También puede servir de referencia la propuesta de Glusker (1988) para trabajar con grupos de unos diez estudiantes durante quince semanas, combinando clases teóricas, obtención de cristales, estudio de los cristales por difracción y tratamiento de los datos obtenidos en el ordenador con objeto de proponer la estructura posible. Se necesita tener acceso durante aproximadamente un mes a un difractor controlado por ordenador que tiene los programas adecuados.

En resumen, existen multitud de posibilidades educativas en torno al apasionante mundo de la cristalografía, y su conmemoración como Año Internacional es, sin duda, una oportunidad extraordinaria para recapitular sobre el tema.

**Agradecimientos:** Se agradece la ayuda recibida por la Universidad Politécnica de Madrid, a través del Proyecto de Innovación Educativa PT12\_13-01001.

---

<sup>27</sup> PINTO, G. (2012). An Example of Body-Centered Cubic Crystal Structure: The Atomium in Brussels as an Educative Tool for Introductory Materials Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89(7), 921-924.

<sup>28</sup> WILSON, C., C. PARKIN, A., THOMAS, H. L. (2012). Frontiers of Crystallography: A Project-Based Research-Led Learning Exercise. *Journal of Chemical Education*, 89 (1), 34-37.

<sup>29</sup> MILÁN, A. G., MILLIER, B., RITCHIE, A., BRYAN, C., VINETTE, S., WIELENS, B., WHITE, M. A. (2013). Bismuth Crystals: Preparation and Measurement of Thermal and Electrical Properties. *Journal of Chemical Education*, 90(12), 1675-1680.

# LA CRONOBIOLOGÍA: UNA HERRAMIENTA PARA ENTENDER LAS CIENCIAS

María Josefa Martínez Madrid, Isabel María Martínez Madrid

*Laboratorio de Cronobiología. Departamento de Fisiología  
Facultad de Biología, Universidad de Murcia  
Campus de Espinardo. 30100 Murcia  
mj.martinezmadrid@um.es*

**Palabras Claves:** Docencia, ESO, biología, cronobiología, innovación.

**Keywords:** Teaching, ESO, biology, chronobiology, innovation

## Resumen

La cronobiología es una ciencia cuyo objetivo es el estudio de los ritmos biológicos. En esta comunicación se plantea una innovadora forma de trabajar en los Centros de Educación Secundaria con un proyecto enfocado a 1.º, 2.º y 3.º de ESO, en el que se trabajará de manera interdisciplinar a través de esta ciencia. Con ello entenderán conceptos estudiados en las materias Ciencias de la Naturaleza, Biología y Geología y Ciencias Sociales, Geografía e Historia, facilitando así el aprendizaje de conceptos que les pueden resultar difíciles de recordar y, por otro lado, algunas de estas experiencias podrían despertar su curiosidad.

## Abstract

Chronobiology is a science that aims to study biological rhythms. In this paper, we wish to present an innovative work approach to be implemented in Secondary Education centres, with a project designed specifically for students in the First, Second and Third forms of ESO –the Spanish Compulsory Secondary Education– where this Science shall enable them to work in an interdisciplinary manner. Thanks to this, they will be able to understand concepts acquired in the courses Natural Sciences, Biology and Geology, and Social Sciences, Geography and History, thus making it easier for them to learn concepts that are sometimes difficult to remember. Additionally, some of these experiences may stimulate the students' interest.

## INTRODUCCIÓN

En esta comunicación se plantea una innovadora forma de trabajar en los Centros de Educación Secundaria con un proyecto enfocado a los alumnos de 1.º, 2.º y 3.º de ESO, en el que se trabajará de manera

interdisciplinar, estudiando determinados apartados de las materias Ciencias de la Naturaleza, Biología y Geología y Ciencias Sociales, Geografía e Historia, a través de la cronobiología.

Pensamos que esta es una buena forma de fomentar el interés por parte de los alumnos, que al llevar a cabo diversos estudios y experimentos entienden conceptos estudiados en ambas materias, facilitando así el aprendizaje; y por otro lado, diversas situaciones podrían despertar su curiosidad, haciendo que sean ellos los que busquen el por qué de las cosas, que sean ellos, y no solo el profesor, los que guíen en cierto modo su aprendizaje, llevando a cabo el modelo del constructivismo que se promueve actualmente.

En este caso se propone el estudio de la cronobiología mediante diversos experimentos y observaciones para alcanzar las metas anteriormente citadas.

### ¿QUÉ ES LA CRONOBIOLOGÍA?

La cronobiología es una ciencia cuyo objetivo es el estudio de los ritmos biológicos. Estos son oscilaciones que sufren determinadas variables biológicas de forma regular y con un período determinado. Según este período de oscilación, los ritmos pueden clasificarse en circadianos (con un período cercano a las 24 horas, generalmente entre 20 y 28 horas), ultradianos (con un período menor de 20 horas) e infradianos (con un período mayor de 28 horas).<sup>1</sup>

Los ritmos más estudiados son aquellos que presentan un perfil circadiano, ya que son los más importantes en el humano. Algunos de estos ritmos, que se discutirán más adelante, son el ritmo de temperatura corporal, actividad-reposo, secreción de hormonas como melatonina, cortisol...

Los ritmos circadianos son producidos por el sistema circadiano, un conjunto de estructuras encargadas de generar y sincronizar los ritmos entre sí y con los ciclos ambientales. El sistema circadiano se encarga de dirigir temporalmente todos los procesos que ocurren en el organismo, actuando como un director de orquesta;<sup>2</sup> de este modo, si el sistema circadiano goza de buena salud, los diferentes ritmos biológicos estarán acompañados dando lugar a una armónica sinfonía, mientras que en situaciones patológicas podrían desincronizarse, transformándose esta melodía en ruido.

### FUNCIONAMIENTO SISTEMA CIRCADIANO

En mamíferos, el sistema circadiano funciona como un reloj de cuerda antiguo; así, consta de una maquinaria interna, manecillas para marcar la hora al resto del organismo, y un mecanismo para darle cuerda y ponerlo en hora. Este reloj tiende a retrasar o a adelantar diariamente, por lo que se hace necesario ponerlo en hora cada día mediante determinados factores ambientales denominados sincronizadores o *zeitgebers* (dador de tiempo en alemán), que ajustan diariamente el marcapasos a través de diversas vías.<sup>3</sup>

Entre estas señales sincronizadoras se encuentran el ciclo de luz-oscuridad, el ritmo de sueño-vigilia, el horario de comidas, el ejercicio físico, los sincronizadores sociales... Entre todos ellos, el *zeitgeber* más potente es la luz.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> MADRID, J. A. (2006). Los relojes de la vida. Una introducción a la Cronobiología. En MADRID J. A. Y ROL DE LAMA (eds.), *Cronobiología Básica y Clínica*. Madrid, Editec@red, pp. 39-80.

<sup>2</sup> VAN SOMEREN, E. J. W. Y RIEMERSMA-VAN DER LEK, R. F. (2007). Live to the rhythm, slave to the rhythm. *Sleep medicine reviews*, 11(6), 465-84.

<sup>3</sup> VAN SOMEREN, E. J. W. Y RIEMERSMA-VAN DER LEK, R. F. (2007). Live to the rhythm, slave to the rhythm. *Sleep medicine reviews*, 11(6), 465-84.

<sup>4</sup> DUFFY, J. F. Y WRIGHT, K. P. (2005). Entrainment of the human circadian system by light. *Journal of Biological Rhythms*, 20(4), 326-38.

## OBJETIVOS

Los objetivos establecidos para esta innovadora forma de trabajo son:

1. Motivar a los alumnos a través de prácticas y observaciones, en el laboratorio y en su día a día fuera de la escuela, que vinculen los contenidos que están estudiando con la cronobiología.
2. Fomentar la participación de los alumnos en clase, contando sus experiencias relacionadas con esta ciencia y observaciones que les parezcan interesantes, despertando así el interés de sus compañeros.
3. Facilitar el aprendizaje de los conceptos a estudiar gracias al planteamiento de problemas y discusión de su interés, la formulación de conjeturas, diseños experimentales, puesta a prueba de hipótesis y la interpretación de los resultados, que eviten que tengan que memorizar conceptos sin más.
4. Mejorar la higiene de sueño de los alumnos a través de las clases de ciencias con ayuda de la cronobiología.

## PROPUESTAS PARA EL USO DE LA CRONOBIOLOGÍA EN EL AULA

Con la realización de diversos experimentos y observaciones de situaciones cotidianas relacionadas con la cronobiología, pueden tratarse diversos apartados de diferentes materias recogidos el Anexo II del Decreto 1631/2006 durante los cursos 1.º, 2.º y 3.º de ESO.

### 1. 1.º CURSO DE ESO

En este primer curso comenzará este modelo de trabajo, que se extenderá hasta el 3.º curso de la ESO. Para ello, de forma opcional, se podría tener en el aula una maqueta de la tierra, el sol y la luna, que puede ser previamente construido por los alumnos en alguna materia como Educación Plástica y Visual, donde uno de los contenidos para este curso, según el Anexo II del Decreto 1631/2006, es la construcción de formas huecas o macizas; o en Tecnología, donde uno de los contenidos para este curso, según el Anexo II del Decreto 1631/2006, es la descripción y funcionamiento de mecanismos de transmisión y transformación de movimientos y sus aplicaciones en proyectos y maquetas, siguiendo el proceso de resolución técnica de problemas. Además de un octodón (*octodon degus*), que es un roedor diurno, y un ratón de laboratorio (*mus musculus*), que es un roedor nocturno (*Imagen 1*), utilizados como modelos de experimentación en Cronobiología, debidamente acondicionados en el aula o en el laboratorio de Biología.



*Imagen 1. Octodon degus, a la izquierda y Mus musculus, a la derecha. Animales utilizados como modelos de experimentación en cronobiología.*



### 1.1. Ciencias de la Naturaleza

Esta materia presenta algunas competencias básicas que podrían alcanzarse relacionando los contenidos de dicha materia con la cronobiología.

Uno de los contenidos recogidos en el Anexo II del Real Decreto 1631/2006 es «El Universo y el Sistema Solar».

En este caso se tratarían temas como «La Tierra como planeta. Los fenómenos naturales relacionados con el movimiento de los astros: estaciones, día y noche, eclipses».

Al entender el movimiento de la Luna respecto de la Tierra y de esta respecto del Sol, aprenden el porqué del día y la noche, y lo pueden hacer observando determinados ritmos circadianos, estudiados en cronobiología, que están presentes en nuestro día a día, como son el ciclo luz-oscuridad, el cual influye en nuestro ciclo de sueño-vigilia, a través de la hormona melatonina, como veremos más adelante, el ritmo de temperatura corporal externa, la cual aumenta durante la noche y disminuye durante el día, y otros ritmos que comentaremos posteriormente.

Otro aspecto importante de cronobiología y, que puede ayudar a los alumnos a entender o fomentar la curiosidad de la importancia de apartados en este tema, es la influencia de la fuerza gravitatoria lunar.

Hasta hace pocos años, las relaciones entre los ciclos lunares y los ritmos circadianos de los seres humanos eran prácticamente desconocidas.

Gracias a las diversas investigaciones recientes, han sido encontrados los vínculos causales entre fases lunares, mareas altas y bajas y cambios fisiológicos en los sistemas cardiovascular, digestivo, nervioso, vegetativo, etc. Estos descubrimientos aportaron importantes datos objetivos sobre los efectos lunares en la vida humana. Pero esto se verá con mayor profundidad en 3.º de ESO, donde se estudia la fisiología humana.

Otro de los contenidos establecido para este curso en Ciencias de la Naturaleza es la «Utilización de técnicas de orientación. Observación del cielo diurno y nocturno». Este tema es muy importante, ya que los alumnos podrían realizar un trabajo de observación del comportamiento de diferentes animales en función de si son diurnos o nocturnos. Así encontramos animales diurnos, como el octodón, y nocturnos, como el ratón, pudiendo comprobar las diferencias de comportamiento entre ellos al observarlos día a día en el aula o laboratorio. Pero esta misma comprobación pueden realizarla fuera del centro, observando el comportamiento de animales diurnos, como las palomas, los gorriones y las abejas, y animales nocturnos, como los murciélagos y las lechuzas.

También pueden observar la existencia de plantas nocturnas o de flores nocturnas, es decir, que florecen por la noche y están reservadas para los polinizadores nocturnos. La mayoría de las flores son visitadas por diversos insectos u otros animales y adaptan su fenología a los que son más eficaces para asegurar su reproducción. Así la eficiencia de los polinizadores nocturnos determina un cierto tipo de síndrome floral (un conjunto de características de las flores como el momento de floración, producción de néctar, etc.). Las flores nocturnas se abren predominantemente por la noche y producen mayores cantidades de néctar y de perfume a estas horas. En vez de colores brillantes suelen ser blancas o crema, colores más visibles en la semioscuridad y suelen tener una fuerte fragancia. Generalmente son polinizadas por murciélagos o por mariposas nocturnas.

Esta misma observación pueden realizarla en ellos mismos y sus compañeros, ya que la mayoría de las personas, a pesar de que el ser humano es diurno, tienen fuertes preferencias horarias (matutinas, vespertinas, indefinidas) a la hora de realizar sus actividades diarias, hecho que se conoce como tipología circadiana. El sujeto con una tipología matutina extrema se levanta y acuesta pronto, presentando los

máximos de actividad en la primera mitad del día, mientras que el vespertino extremo se levanta y acuesta tarde y sus máximos se desplazan hacia la tarde e incluso a las primeras horas nocturnas.<sup>5</sup>

La investigación sobre la tipología circadiana tiene importantes aplicaciones prácticas en ámbitos como el diseño de horarios laborales,<sup>6,7</sup> rendimiento deportivo<sup>8</sup> y el fracaso escolar.<sup>9</sup> Y esto último es muy importante, ya que les permitiría entenderse y organizarse mejor a la hora de estudiar o realizar determinadas actividades.

## 1.2. Ciencias Sociales, Geografía e Historia

Dentro de los contenidos mínimos de esta materia para este curso, encontramos «El planeta Tierra. Rotación: los días y las noches», y, al igual que en Ciencias de la Naturaleza, los alumnos pueden utilizar la observación de los ritmos circadianos para asimilar los conceptos de día y noche y lo que suponen cada uno de ellos.

## 2. 2.º CURSO DE ESO

### 2.1. Ciencias de la Naturaleza

En este curso, la materia de Ciencias de la Naturaleza vuelve a tener contenidos que pueden relacionarse con la cronobiología, como son:

«Formas de transferirse la energía. La luz. Los fenómenos ondulatorios como transportadores de energía sin transporte de materia. Formación de imágenes. Nuestra percepción de las imágenes: el ojo». Este apartado puede ser explicado vinculando estos conceptos con la percepción de la luz por la pupila que producirá la inhibición o no de la síntesis de melatonina, conocida como hormona del sueño, y que, como explicamos en el curso anterior, influye en el ciclo sueño-vigilia.

La luz incidente en la retina actúa principalmente sobre un subgrupo de células ganglionares, que, a diferencia del resto de ganglionares, son directamente fotosensibles. Estas células presentan en su citoplasma un pigmento denominado melanopsina, que se excita preferentemente por la luz azul (460 nm).<sup>10</sup> Así con su propia experiencia, se podría fomentar su curiosidad por conocer la estructura y funcionamiento del ojo (*Imagen 3*). Podrían realizar pruebas, viendo cómo la luz azul intensa durante la noche dificulta el sueño, por ejemplo.

Otro de los contenidos contemplados para este curso son: «Las funciones vitales. La nutrición: obtención y uso de materia y energía por los seres vivos. Nutrición autótrofa y heterótrofa. La importancia de la fotosíntesis en la vida de la Tierra» y «La respiración en los seres vivos». Y comprendiendo las características y el porqué del día y la noche podrán entender mejor por qué y cómo se da la fotosíntesis y la respiración en cada momento.

<sup>5</sup> ADAN, A. (2006). Cronobiología del rendimiento cognitivo y físico. En MADRID J. A. Y ROL DE LAMA M. A. (eds), *Cronobiología Básica y Clínica*, Madrid, Editec@red, pp. 747-774.

<sup>6</sup> SMITH, C., REILLY, C. Y MIDKIFF, (1989). K. Evaluation of three circadian rhythm questionnaires with suggestions for an improved of morningness. *Journal of Applied Psychology*, 74, 728-738.

<sup>7</sup> FURHAM, A. Y HUGHES, K. (1999). Individual difference of nightwork and shift-work rotation. *Personality and Individual Differences*, 26, 941-959.

<sup>8</sup> SMITH, R. S., GUILLEMINAULT, C. Y EFRON, B. (1997). Circadian rhythms and enhanced athletic performance in the National Football League. *Sleep*, Rochester. 20(5), 362-365.

<sup>9</sup> TESTU, F. (1990). Chronopsychologie et rythmes scolaires. *Revue française de pédagogie*, 93, 127-130.

<sup>10</sup> BERSON, D. M., DUNN, F. A. Y TAKAO, M. (2002). Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*, Nueva York, 295(5557), 1070-1073.

Por último, en este curso se debe tratar el tema de la «Contaminación lumínica», el cual está estrechamente relacionado con la cronobiología, y sobre todo con el ciclo de sueño-vigilia.

Los astrónomos han estado preocupados durante años con la utilización generalizada de luz tras la puesta del sol, porque la polución luminosa que se genera, incluso teniendo en cuenta que sus observatorios están lejos de las áreas metropolitanas, compromete su capacidad para examinar objetos en el espacio exterior. Ahora, además, sabemos que la luz por la noche tiene efectos fisiológicos en humanos y posiblemente también consecuencias fisiopatológicas.

A lo largo de la evolución humana, la luz estuvo más o menos restringida a las horas de luz solar, el tiempo que el Sol permanecía por encima del horizonte, lo que ya no ocurre en las sociedades desarrolladas. Con la llegada de la electricidad, la luz artificial se ha convertido en un contaminante importante, y probablemente esta situación no haga más que empeorar.

Aunque hasta hace poco no se consideraba que la exposición excesiva a la luz tuviera consecuencias fisiológicas, indudablemente, las tiene. Un efecto largo es su capacidad para reducir la producción nocturna de melatonina por la glándula pineal. El número de horas que una persona de tipo medio duerme a lo largo de 24 horas ha ido disminuyendo en las últimas décadas.<sup>11</sup>

### 3. 3.º CURSO DE ESO

Finalmente, en 3.º de ESO algunos de los contenidos en Ciencias de la Naturaleza son «La percepción; los órganos de los sentidos; su cuidado e higiene», donde volveríamos a recordar la estructura del ojo, relacionándolo con cuestiones de cronobiología, como se hizo en 2.º de ESO.

Otros de los contenidos son «El sistema nervioso: organización y función» y «El sistema endocrino: las glándulas endocrinas y su funcionamiento. Sus principales alteraciones». Estos apartados continuarían con la explicación comenzada en 2.º curso de ESO, donde decíamos que la luz incidente en la retina actúa principalmente sobre un subgrupo de células ganglionares que, a diferencia del resto de ganglionares, son directamente fotosensibles y presentan en su citoplasma un pigmento denominado melanopsina, que se excita preferentemente por la luz azul (460 nm).<sup>12</sup>

La excitación de estas células genera impulsos nerviosos que viajan a través del tracto retino hipotalámico hacia el núcleo supraquiasmático, que se trata de un grupo de neuronas del hipotálamo. Dando paso así a la explicación del funcionamiento y estructura del sistema nervioso central y periférico.

Otros contenidos a alcanzar en este curso son «La organización general del cuerpo humano: aparatos y sistemas, órganos, tejidos y células» y «La célula como unidad estructural y funcional de los seres vivos», y, como dijeron Walter y Abraham Menaker; «Dado que nuestros cuerpos son alrededor de dos tercios de agua, soportamos los efectos de la marea».<sup>13</sup>

Hay tres lugares del cuerpo humano donde se encuentra la mayor parte del agua:

- El agua de las células individuales, llamada «intracelular».
- El agua dentro de los tejidos del cuerpo, llamada «extracelular».

<sup>11</sup> REITER, R. J. (2006). Contaminación lumínica: Supresión del ritmo circadiano de melatonina y sus consecuencias para la salud. MADRID, J. A. Y ROL DE LAMA M. A. (eds.), *Cronobiología Básica y Clínica*, Madrid, Editec@red, pp. 269-288.

<sup>12</sup> BERSON, D. M., DUNN, F. A. Y TAKAO, M. (2002). *Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock*. *Science*, New York, N.Y. 295(5557), 1070-1073.

<sup>13</sup> MENAKER, W. Y MENAKER, A. (1959). *Lunar Periodicity in Human Reproduction: A Likely Unit of Biological Time*. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 77(4): 905-914.

- Y el agua «intravascular» en la sangre con la composición química más o menos parecida al agua marina.

Cuando se acumulan unos excesos de agua, los resultados pueden ser unas sensaciones de hinchamiento, tensión y depresión. Por ejemplo, los trastornos premenstruales que experimentan muchas mujeres.

Las variaciones de fuerza gravitatoria lunar perturban las funciones vitales normales, provocando trastornos emocionales y somáticos tanto en las mujeres como en los hombres.

Paul y Susan Jones describieron las consecuencias fisiológicas y el mecanismo de la influencia lunar sobre el cuerpo humano: «Las personas se componen esencialmente de un 80% de agua y un 20% de minerales orgánicos e inorgánicos».<sup>14</sup>

Por lo tanto, las fuerzas gravitacionales de la Luna ejercen una influencia similar en la masa de agua del microcosmo humano que en la masa del agua de la Tierra.

Del mismo modo que se produce una marea en las grandes masas de agua, en el cuerpo humano se producen mareas «biológicas». Las mareas se componen de cambios cíclicos en el flujo de agua entre los comportamientos líquidos del cuerpo tales como intercelulares, extracelulares e intravasculares.

Estos cambios provocan las alteraciones en los procesos electrolíticos (líquidos y sustancias químicas del cuerpo que tienen que ver con las descargas eléctricas de nervios y músculos) y a su vez en los cambios hormonales, neuronales y metabólicos asociados con ellos.

Con estos conceptos los alumnos aprenderían de una forma más dinámica y divertida la composición del cuerpo humano y las células a la vez que recuerdan conceptos de la fuerza gravitacional lunar, aprendidos en 1.º de ESO.

Para terminar, en el Anexo II del Real Decreto 1631/2006 se contempla como objetivo para alcanzar en este curso la «Valoración de la importancia de adquisición de estilos de vida saludables». Y entre otras cosas sería interesante que los alumnos adquiriesen ciertas normas de higiene de sueño, para disfrutar de una mayor calidad de vida y disminuyendo así las posibilidades de fracaso escolar. Algunas de estas normas relacionadas con la cronobiología son las siguientes:

1. Evitar «intentar dormir»: cuanto más se intenta, más despierto se está. Se recomienda leer o mirar la TV en otra habitación hasta que aparezca la somnolencia; luego se va a dormir a la cama.
2. Evitar mirar la hora constantemente en la habitación.
3. Hacer ejercicio y mantenerse activo durante el día: realizar ejercicio un mínimo de 20 o 30 minutos diarios, preferentemente hasta tres horas antes de acostarse. Evitar el ejercicio intenso en la noche.
4. Controlar la dieta: la cafeína y comer en abundancia pueden causar insomnio. Dejar pasar cerca de dos horas entre la cena y el momento de acostarse. Las bebidas cola también suelen tener un alto contenido de cafeína.
5. Encontrar modos para relajarse: un baño tibio de inmersión, música suave o meditación antes de irse a dormir podrían ayudar a conciliar el sueño.
6. No intentar tolerar o aguantar el dolor: si se sufre de alguna dolencia, consultar al médico para encontrar el tratamiento adecuado y poder descansar confortablemente.

El dormitorio debe ser confortable para un buen dormir. Debe ser fresco, calmo, libre de ruidos e interrupciones, oscuro y cómodo, especialmente en lo que se refiere a la cama y la almohada.

<sup>14</sup> JONES, P.K. Y JONES, S. L. (1977.) Lunar association with suicide. *Suicide & life-threatening behaviour*, 7(1), 31-39.

La temperatura ambiente ideal debe ser de entre 22 °C y 24 °C. La habitación no es la oficina. Evitar usar computadora, TV o radio en la habitación.

7. Seguir una rutina: tratar de ir a la cama y despertarse siempre a la misma hora, aun los fines de semana.
8. La siesta no debe compensar el mal descanso de la noche. Una siesta reparadora no debe superar los 30 minutos y debería realizarse después de almorzar, entre las 13 y las 15 horas.

## CONCLUSIÓN

Por último, podemos concluir que la realización de este taller consigue, tal y como se esperaba, aumentar la motivación de los alumnos, incrementar su curiosidad a cerca de diversas situaciones de nuestro día a día, y fomentar la investigación ya desde la Educación Secundaria, por lo que con vistas al futuro se espera poder ampliar este proyecto a más materias y durante más tiempo.

# EVALUACIONES EDUCATIVAS EXTERNAS INTERNACIONALES EN EL ÁMBITO CIENTÍFICO

Angélica Martínez Zarzuelo

*Instituto Nacional de Evaluación Educativa. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte  
c/ San Fernando del Jarama, 14-1.ª planta. 28002 Madrid  
angelica-martinez@outlook.com*

**Palabras clave:** Evaluación internacional, evaluación educativa, rendimiento, ciencias.

**Keywords:** International assessment, student assessment, achievement, science.

## Resumen

Desde hace años se están llevando a cabo una serie de evaluaciones educativas a nivel internacional en las que participan cada vez un número mayor de países. Algunas de ellas son coordinadas por instituciones como la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), o la IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement). Aunque estas evaluaciones tienen muchas características comunes, se diferencian lógicamente por el objetivo que persiguen, la edad o profesión de la población objeto de estudio y el área de interés. La competencia científica es una de las dos áreas que se vienen evaluando en el estudio TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) y una de las tres áreas que se evalúan en PISA (Program for International Student Assessment).

## Abstract

For years, a growing number of countries has participated in international student assessment studies. Some of them are coordinated by institutions such as the OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) and the IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement). These studies have several features in common, but they have different aims, mainly the age or career of the population targeted and the area of interest. Scientific literacy is one of the two areas assessed in TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) and one of the three areas assessed in PISA (Program for International Student Assessment).

## INTRODUCCIÓN

En España el organismo del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte responsable de la evaluación del sistema educativo es el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE).<sup>1</sup> Entre las muchas funciones de

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2014). Recuperado de [www.mecd.gob.es/inee/](http://www.mecd.gob.es/inee/)

este organismo, destacan la coordinación y el desarrollo de la participación del estado español en las evaluaciones externas internacionales que se realizan.

La Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo (IEA)<sup>2</sup> coordina hoy en día estudios internacionales dirigidos a alumnos a los que se les evalúa en competencia lectora como en PIRLS (*Progress in International Reading Literacy Study*) y competencia matemática y científica como en TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*). Por otro lado, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)<sup>3</sup> coordina estudios tales como: PIAAC (*Programme for the International Assessment of Adult Competencies*), que evalúa las competencias lectora y matemática a la población adulta; TALIS (*Teaching and Learning International Survey*), desarrollado con el objetivo de analizar los procesos educativos a través de encuestas a los profesores y directores de centros educativos; y el bien conocido PISA (*Program for International Student Assessment*), basado en el análisis del rendimiento del alumnado de 15 años de edad en las competencias lectora, científica y matemática.<sup>4</sup>

Este tipo de evaluaciones educativas externas internacionales ofrece una información muy rica, de forma que su análisis puede resultar de gran utilidad para, entre otras cuestiones, la toma de decisiones oportunas y el diseño de planes de mejora de política educativa en cada país participante.

## RASGOS COMUNES DE LAS EVALUACIONES EXTERNAS INTERNACIONALES

Cada una de las evaluaciones educativas externas internacionales va dirigida a una población concreta de estudio y está diseñada para unos fines determinados. Sus características concretas se detallan en el marco teórico<sup>5</sup> de cada evaluación, en el que se describen rigurosamente sus objetivos, sus contenidos de evaluación, sus factores contextuales asociados y su diseño, entre otros. Salvando las características propias de cada evaluación, existen ciertos rasgos comunes a este tipo de evaluaciones.

Así, todas ellas son evaluaciones de carácter cíclico y, por tanto, permiten el análisis de la evolución de los resultados a lo largo del tiempo, esto es, la posibilidad de llevar a cabo análisis de tendencias.

Además, son evaluaciones a gran escala, diseñadas para ser representativas a nivel de país, motivo por el que se llevan a cabo solo mediante una muestra representativa de la población de estudio. Este es un aspecto muy importante en el momento de determinar conclusiones y realizar análisis comparativos, ya que los resultados que se obtengan de tales evaluaciones serán siempre solo estimadores de las características a evaluar.

Ahora bien, como tanto la muestra de la población de estudio como los diferentes ítems de la prueba se seleccionan con criterios científicos, es posible determinar la magnitud de la incertidumbre asociada a cada estimador y, por lo tanto, su error. Así, en los procesos de representación e interpretación de los resultados es imprescindible tener en cuenta estos aspectos. Por esta razón, los resultados globales deben expresarse mediante la puntuación media estimada de cada país participante, junto con su intervalo de confianza.<sup>6</sup> De esta manera se puede afirmar que dos países han obtenido puntuaciones medias que no son estadísticamente significativas si sus correspondientes intervalos de confianza tienen intersección no vacía.

<sup>2</sup> International Association for the Evaluation of Educational Achievement. (2014). Recuperado de [www.iea.nl/](http://www.iea.nl/)

<sup>3</sup> The Organisation for Economic Co-operation and Development. (2014). Recuperado de [www.oecd.org/](http://www.oecd.org/)

<sup>4</sup> En la edición de PISA 2012 se añadieron las competencias en resolución de problemas y financiera.

<sup>5</sup> Los marcos teóricos de cada una de las evaluaciones mencionadas pueden encontrarse traducidos al español en [www.mecd.gob.es/inee/publicaciones/estudios-internacionales.html](http://www.mecd.gob.es/inee/publicaciones/estudios-internacionales.html)

<sup>6</sup> Ver *Tabla 1* y *Tabla 4*.

Así, en aquellos grupos de países en los que no existan diferencias estadísticamente significativas, la posición relativa de los mismos en la realidad puede variar respecto a lo representado. Este es el motivo por el que es importante saber interpretar correctamente los *ranking* de países que se presentan tras la realización de una nueva edición.

En las evaluaciones educativas basadas en el rendimiento del alumnado o la medición de las competencias de la población adulta, para poder realizar este tipo de comparaciones en las evaluaciones internacionales, los promedios globales de los países participantes se expresan en una escala continua con una puntuación central de referencia de 500 puntos y una desviación típica de 100 puntos. En la primera de las ediciones de cada estudio de evaluación, se hizo equivaler a 500 puntos las puntuaciones medias de todos los países participantes en el mismo pero, debido a los cambios de participación de países en las sucesivas ediciones, se utiliza el valor de 500 como punto de referencia y no como nueva media de los países participantes. Este sistema de puntuación, unido al carácter cíclico de estas evaluaciones, permite también llevar a cabo los análisis de tendencias, comparando las puntuaciones de un mismo país en las distintas ediciones de un mismo estudio.

En este tipo de evaluaciones se establecen también a nivel internacional unas puntuaciones de corte asociadas a descripciones precisas de las destrezas que, tras profundos análisis, se determinan entre esos valores (ver *Tabla 5*). Esos puntos de corte se mantienen constantes desde la primera edición de cada estudio con el fin de permitir con ellos análisis de tendencias comparativos. Gracias a estos puntos de corte, es posible distribuir a la población participante en diferentes grupos o niveles según el nivel de competencia alcanzado.

Es necesario tener en cuenta que los resultados de los análisis de los aspectos objetos de estudio en cada evaluación se ven influenciados, entre otros, por las circunstancias en las que se desarrollan los aprendizajes, la habilidad de cada persona y los entornos sociales, económicos y culturales tanto de los alumnos, como de las familias y los centros educativos. Este tipo de información se recoge en los conocidos cuestionarios de contexto y permiten llevar a cabo análisis mucho más ricos sobre los objetivos planteados.

## LAS EVALUACIONES TIMSS Y PISA

Las ciencias se evaluaron con carácter internacional por primera vez en los años setenta y ochenta, pero es en los noventa, concretamente en el año 1995, cuando se inicia el primero de una serie de estudios internacionales que se llevarán a cabo de forma regular cada cuatro años en los que se evaluarán conjuntamente matemáticas y ciencias a dos poblaciones, una de alumnado de 9 y 10 años de edad y otra de alumnado de 13 y 14 años de edad.<sup>7</sup> Este estudio se conoce como Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias o TIMSS,<sup>8</sup> según sus siglas en inglés. España participó en el primero de esta edición en el año 1995 con alumnado de 7.º y 8.º cursos de EGB, correspondientes a los actuales 1.º y 2.º de Educación Secundaria Obligatoria. Y no es hasta la última edición, la del año 2011 cuando España participa de nuevo en este estudio, esta vez con alumnos de 4.º curso de Educación Primaria.

La evaluación de la competencia científica en alumnos de 15 años de edad se lleva a cabo mediante el Programa Internacional para la Evaluación de Alumnos o PISA, según sus siglas en inglés. Se evalúan con-

<sup>7</sup> Las dos poblaciones de estudio se definen exactamente como el curso más alto de los dos cursos adyacentes con mayor número de estudiantes de 9 y 13 años respectivamente, lo que corresponde a España a 4.º de Educación Primaria y 2.º de Educación Secundaria Obligatoria.

<sup>8</sup> El nombre original era *Third International Mathematics and Science Study* (Tercer Estudio Internacional de Matemáticas y Ciencias).



juntamente con esta competencia la matemática y la lectora.<sup>9</sup> La primera edición de este estudio tuvo lugar en el año 2000, su carácter tiene una periodicidad de tres años y se realiza de forma que en cada edición una de las competencias se evalúa de forma más exhaustiva que el resto.

Con el objetivo de ceñirse a la temática de estas jornadas, se describen con mayor detalle la parte científica de las últimas ediciones de los estudios TIMSS y PISA correspondientes a los años 2011 y 2012 respectivamente.

## EL ESTUDIO TIMSS-CIENCIAS 2011<sup>10</sup>

### RESULTADOS GLOBALES EN COMPETENCIA CIENTÍFICA

Si se interpretan los datos como se ha especificado con anterioridad, esto es, de forma correcta y en consonancia con el diseño del estudio, se pueden constatar los siguientes resultados referentes a esta edición de la evaluación en el ámbito científico:

Aproximadamente un 60% de los países participantes en TIMSS-ciencias 2011 obtuvieron puntuaciones superiores al punto de referencia de 500 puntos. La puntuación de España (505) es superior a la media internacional de forma significativa, que para esta edición fue de 486 puntos. Cabe destacar que los promedios de Bélgica (509), Rumanía y Polonia (505) no tienen diferencias significativas con la puntuación de España. Algunos países europeos con resultados inferiores a los españoles son Noruega (494) y Malta (446). Finlandia, con 570 puntos, y Federación Rusa, con 552, consiguen los mejores resultados. Los países anglosajones logran también promedios altos como, por ejemplo, Estados Unidos (544) o Inglaterra (529).

Tabla 1. Puntuaciones medias en ciencias con intervalo de confianza al 95% para la media poblacional.  
Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos TIMSS 2011.

País	Media	Intervalo de confianza (95%)	
		Extremo inferior	Extremo superior
Finlandia	570	564,9	575,1
Federación Rusa	552	545,1	558,9
Estados Unidos	544	539,9	548,1
República Checa	536	531,1	540,9
Hong Kong - China	535	527,6	542,4
Hungría	534	526,7	541,3

<sup>9</sup> En la edición de PISA 2012 se añadieron las competencias en resolución de problemas y financiera.

<sup>10</sup> Para mayor detalle Informe Internacional: MARTIN, M. O., MULLIS, I.V. S., FOY, P., Y STANCO, G. M. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Science*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College, p. 517.

Informe Nacional: Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2013). *PIRLS-TIMSS 2011. Estudio internacional de progreso en comprensión lectora, matemáticas y ciencias*. IEA. Volumen I: Informe español. Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, p. 201.

Aspectos metodológicos del estudio en MARTIN, M. O. Y MULLIS, I.V. S. (eds.). (2012). *Methods and procedures in TIMSS and PIRLS 2011*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.

Marco teórico del estudio: MULLIS, I.V. S., MARTIN, M. O. ET AL. (2009). *TIMSS 2011 Assessment Frameworks*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.

País	Media	Intervalo de confianza (95%)	
		Extremo inferior	Extremo superior
Suecia	533	527,7	538,3
Austria	532	526,5	537,5
Eslovaquia	532	524,6	539,4
Países Bajos	531	526,7	535,3
Inglaterra	529	523,3	534,7
Alemania	528	522,3	533,7
Dinamarca	528	522,5	533,5
Italia	524	518,7	529,3
Portugal	522	514,4	529,6
Eslovenia	520	514,7	525,3
Irlanda del Norte	517	511,9	522,1
Irlanda	516	509,3	522,7
Croacia	516	511,9	520,1
Australia	516	510,5	521,5
Lituania	515	510,3	519,7
Bélgica (C. flamenca)	509	505,1	512,9
<b>España</b>	<b>505</b>	<b>499,1</b>	<b>510,9</b>
Polonia	505	499,9	510,1
Rumanía	505	493,4	516,6
Nueva Zelanda	497	492,5	501,5
Noruega	494	489,5	498,5
Chile	480	475,3	484,7
Turquía	463	454,2	471,8
Georgia	455	447,6	462,4
Irán	453	445,7	460,3
Malta	446	442,3	449,7
Azerbaiyán	438	427,0	449,0
Arabia Saudí	429	418,4	439,6
Catar	394	385,6	402,4
<b>Promedio OCDE</b>	<b>523</b>	<b>522,0</b>	<b>524,2</b>

## RESULTADOS EN CIENCIAS POR NIVELES DE RENDIMIENTO

En el estudio TIMSS se definen cuatro niveles de rendimiento en el área de ciencias, la descripción de cada uno de ellos puede verse en la *Tabla 2*. En la presentación de resultados se incluye un nivel adicional (nivel muy bajo), en el que se encuentran aquellos alumnos que no llegan al nivel bajo.

Tabla 2. Conocimientos y destrezas requeridos para cada nivel en ciencias. Fuente: INEE, 2013.<sup>11</sup>

	Conocimientos	Destrezas
NIVEL AVANZADO	Los alumnos aplican conocimientos y comprensión de las relaciones y procesos científicos y muestran cierto conocimiento del proceso de investigación científica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprensión de las características y procesos vitales de los organismos, reproducción y desarrollo, ecosistemas e interacciones de los organismos con su entorno, y factores relacionados con la salud humana.</li> <li>• Comprensión de las propiedades de la luz y las relaciones entre propiedades físicas de los materiales, aplicar y expresar su comprensión de la electricidad y la energía en contextos prácticos, y cierta comprensión de las fuerzas magnéticas y gravitacionales y del movimiento.</li> <li>• Comunicar su comprensión del sistema solar y de la estructura de la Tierra, sus características físicas, recursos, procesos, ciclos e historia.</li> <li>• Comienzan a ser capaces de interpretar resultados en el contexto de un experimento sencillo, de razonar y sacar conclusiones de descripciones y diagramas, así como de evaluar y defender una argumentación.</li> </ul>
NIVEL ALTO	Los alumnos emplean su conocimiento y comprensión de las ciencias para explicar fenómenos en contextos cotidianos y abstractos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cierta comprensión de las estructuras de plantas y animales, de los procesos y ciclos vitales y de reproducción.</li> <li>• Cierta comprensión de los ecosistemas y de las interacciones de los organismos con su entorno, incluyendo las respuestas humanas a las condiciones y actividades externas.</li> <li>• Comprensión de algunas propiedades de la materia, la electricidad y la energía, así como de las fuerzas magnéticas y gravitacionales, y del movimiento.</li> <li>• Ciertos conocimientos del sistema solar y de las características físicas de la Tierra, sus procesos y sus recursos.</li> <li>• Conocimientos y destrezas básicas relacionadas con la investigación científica. Comparar, contrastar y realizar inferencias sencillas y aportar breves respuestas descriptivas combinando conocimientos de conceptos científicos con información en contextos, cotidianos y abstractos.</li> </ul>
NIVEL MEDIO	Los alumnos tienen conocimientos básicos y comprenden situaciones prácticas en las ciencias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer información básica relativa a las características de los seres vivos, sus ciclos reproductivos y vitales y sus interacciones con el entorno, además de mostrar cierta comprensión de la biología humana y la salud.</li> <li>• Conocimientos sobre las propiedades de la materia y la luz, la electricidad y la energía, las fuerzas y el movimiento.</li> <li>• Conocimiento de algunos hechos básicos sobre el sistema solar y comprensión inicial de las características físicas de la Tierra y sus recursos.</li> <li>• Interpretar información de pictogramas y aplicar conocimientos factuales a situaciones prácticas.</li> </ul>
NIVEL BAJO	Los alumnos muestran ciertos conocimientos básicos de la vida, la física y las ciencias de la Tierra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimientos sobre hechos sencillos relacionados con la salud humana, los ecosistemas y las características físicas y de comportamiento de los animales.</li> <li>• Conocimientos básicos sobre la energía y las propiedades físicas de la materia.</li> <li>• Interpretar diagramas simples, completar tablas sencillas y aportar respuestas sencillas y cortas a preguntas que requieren información factual.</li> </ul>

<sup>11</sup> Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2013). PIRLS-TIMSS 2011. Estudio internacional de progreso en comprensión lectora, matemáticas y ciencias. IEA. Volumen I: Informe español. Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, p. 201.

Respecto del porcentaje de alumnos que se sitúa en cada nivel de rendimiento establecido (ver *Tabla 3*), se concluye que existe gran variabilidad entre los diferentes países en la distribución de sus niveles. El nivel más bajo va desde el 1% del alumnado de Finlandia y Países Bajos hasta el 50% de Catar; de la misma forma ocurre con el nivel más alto, con variabilidad desde el 20% de Finlandia al 1% de Georgia y Noruega.

*Tabla 3.* Porcentaje de alumnos por niveles.  
Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos TIMSS 2011.

País	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Avanzado
Alemania	4	18	39	32	7
Arabia Saudí	37	28	23	9	3
Australia	9	19	37	28	7
Austria	4	17	37	34	8
Azerbaiyán	35	28	24	11	2
Bélgica (C. flamenca)	4	23	49	22	2
Catar	50	21	18	9	2
Chile	15	31	35	17	2
Croacia	4	21	45	27	3
Dinamarca	5	17	39	31	8
Eslovaquia	6	15	35	34	10
Eslovenia	7	19	38	29	7
<b>España</b>	<b>8</b>	<b>25</b>	<b>39</b>	<b>24</b>	<b>4</b>
Estados Unidos	4	15	32	34	15
Federación Rusa	2	12	34	36	16
Finlandia	1	7	27	45	20
Georgia	25	31	31	12	1
Hong Kong - China	4	14	37	36	9
Hungría	7	15	32	33	13
Inglaterra	7	17	34	31	11
Irán	28	28	28	13	3
Irlanda	8	20	37	28	7
Irlanda del Norte	6	20	41	28	5
Italia	5	19	39	29	8
Lituania	5	22	42	27	4
Malta	30	29	27	12	2
Noruega	8	28	45	18	1
Nueva Zelanda	14	23	35	23	5

País	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Avanzado
Países Bajos	1	13	49	34	3
Polonia	9	24	38	24	5
Portugal	5	20	40	28	7
República Checa	3	16	37	34	10
Rumanía	16	18	29	26	11
Suecia	5	16	35	34	10
Turquía	24	28	30	15	3

## EL ESTUDIO PISA-CIENCIAS 2012<sup>12</sup>

### RESULTADOS GLOBALES EN COMPETENCIA CIENTÍFICA

La *Tabla 4* ofrece la puntuación media muestral obtenida por cada país participante,<sup>13</sup> junto con los extremos inferior y superior del intervalo de confianza al 95% para la media de la población evaluada.

*Tabla 4.* Puntuaciones medias en ciencias con intervalo de confianza al 95% para la media poblacional.  
Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos PISA 2012.

País	Media	Intervalo de confianza (95%)	
		Extremo inferior	Extremo superior
Japón	547	539,7	553,8
Finlandia	545	541,1	549,8
Estonia	541	537,6	545,2
Corea del Sur	538	530,6	545,0
Polonia	526	519,7	531,9
Canadá	525	521,7	529,2
Alemania	524	518,3	529,9
Países Bajos	522	515,2	528,9
Irlanda	522	517,2	526,8
Australia	521	518,0	524,9
Nueva Zelanda	516	511,4	519,8
Suiza	515	510,0	520,6

<sup>12</sup> Para mayor detalle Informe Internacional: Organisation for Economic Cooperation and Development. (2013). PISA 2012 Results. París, OECD.

Informe Nacional: Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2014). PISA 2012 Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. Informe español. Resultados y contexto OCDE. Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, p. 240.

Marco teórico del estudio: Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2013). Marcos y pruebas de evaluación de PISA 2012: Matemáticas, Lectura y Ciencias. Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, p. 123.

<sup>13</sup> También figuran los datos correspondientes para el promedio de los países de la OCDE y de la Unión Europea.

País	Media	Intervalo de confianza (95%)	
		Extremo inferior	Extremo superior
Eslovenia	514	511,6	516,7
Reino Unido	514	507,5	520,8
República Checa	508	502,5	514,1
Austria	506	500,5	511,1
Bélgica	505	501,4	509,5
Francia	499	493,9	504,0
Dinamarca	498	493,1	503,8
Estados Unidos	497	490,0	504,8
<b>España</b>	<b>496</b>	<b>492,9</b>	<b>500,0</b>
Noruega	495	488,5	500,6
Hungría	494	488,5	500,1
Italia	494	489,7	497,3
Luxemburgo	491	488,7	493,8
Portugal	489	481,9	496,6
Eslovenia	514	511,6	516,7
Suecia	485	478,9	490,7
Islandia	478	474,0	482,3
República Eslovaca	471	464,1	478,3
Israel	470	460,4	479,8
Grecia	467	460,6	472,8
Turquía	463	455,8	471,0
Chile	445	439,3	450,5
México	415	412,4	417,5
<b>Promedio OCDE</b>	<b>501</b>	<b>500,2</b>	<b>502,1</b>
<b>Promedio Unión Europea</b>	<b>497</b>	<b>496,2</b>	<b>498,3</b>

Cuatro países de la OCDE, Japón (547), Finlandia (545), Estonia (541) y Corea del Sur (538), destacan por los resultados alcanzados en ciencias. Sus puntuaciones medias superan significativamente el promedio de la OCDE. Las diferencias entre estos países no son estadísticamente significativas, sin embargo sus puntuaciones medias sí que son significativamente superiores a las del resto de los países de la OCDE (excepto la de Corea del Sur con Polonia). Polonia (526), Canadá (525), Alemania (524), Países Bajos (522), Irlanda (522) y Australia (521) también se sitúan significativamente por encima del promedio de la OCDE y de la Unión Europea.

España obtiene 496 puntos en ciencias, solo 5 puntos por debajo del promedio de la OCDE, siendo esta diferencia significativa desde el punto de vista estadístico. El resultado de España es similar al de Francia (499), Dinamarca (498), Estados Unidos (497), Noruega (495), Hungría (494), Italia (494), Luxemburgo (491), Portugal (489), así como al promedio de la Unión Europea (497).

## RESULTADOS EN CIENCIAS POR NIVELES DE RENDIMIENTO

En el estudio PISA se definen seis niveles de rendimiento en el área de ciencias; la descripción de cada uno de ellos puede verse en la *Tabla 5*. En la presentación de resultados se incluye un nivel adicional (nivel <1), en el que se encuentran aquellos alumnos que no llegan al nivel 1.

*Tabla 5.* Niveles de rendimiento en competencia científica.  
Fuente: INEE, 2014.<sup>14</sup>

Nivel	Límite de puntuación inferior	Qué son capaces de hacer los alumnos generalmente en cada nivel
6	Desde 707,9	En el nivel 6, los alumnos pueden identificar, explicar y aplicar conocimientos científicos y conocimiento acerca de la ciencia de manera consistente en diversas situaciones complejas de la vida real. Pueden relacionar diferentes fuentes de información y explicaciones y utilizar pruebas provenientes de esas fuentes para justificar decisiones. Demuestran de manera clara y consistente un pensamiento y un razonamiento científico avanzado y utilizan su comprensión científica en la solución de situaciones científicas y tecnológicas no familiares. Los alumnos de este nivel son capaces de usar el conocimiento científico y de desarrollar argumentos que apoyen recomendaciones y decisiones centradas en situaciones personales, sociales o globales.
5	633,3	En el nivel 5, los alumnos pueden identificar los componentes científicos de muchas situaciones complejas de la vida real, aplicar tanto conceptos científicos como conocimiento acerca de la ciencia a estas situaciones, y son capaces de comparar, seleccionar y evaluar las pruebas científicas adecuadas para responder a situaciones de la vida real. Los alumnos de este nivel son capaces de utilizar capacidades de investigación bien desarrolladas, relacionar el conocimiento de manera adecuada y aportar una comprensión crítica a las situaciones. Son capaces de elaborar explicaciones basadas en pruebas y argumentos basados en su análisis crítico.
4	558,7	En el nivel 4, los alumnos son capaces de trabajar de manera eficaz con situaciones y cuestiones que pueden implicar fenómenos explícitos que requieran deducciones por su parte con respecto al papel de las ciencias y la tecnología. Son capaces de seleccionar e integrar explicaciones de diferentes disciplinas de la ciencia y la tecnología y relacionar dichas explicaciones directamente con aspectos de situaciones de la vida real. En este nivel, los alumnos son capaces de reflexionar sobre sus acciones y comunicar sus decisiones utilizando conocimientos y pruebas científicas.
3	484,1	En el nivel 3, los alumnos pueden identificar cuestiones científicas descritas claramente en diversos contextos. Son capaces de seleccionar hechos y conocimientos para explicar fenómenos y aplicar modelos simples o estrategias de investigación. En este nivel, los alumnos son capaces de interpretar y utilizar conceptos científicos de distintas disciplinas y son capaces de aplicarlos directamente. Son capaces de elaborar exposiciones breves utilizando información objetiva y de tomar decisiones basadas en conocimientos científicos.
2	409,5	En el nivel 2, los alumnos tienen un conocimiento científico adecuado para aportar explicaciones posibles en contextos familiares o para llegar a conclusiones basadas en investigaciones simples. Son capaces de razonar de manera directa y de realizar interpretaciones literales de los resultados de una investigación científica o de la resolución de problemas tecnológicos.

<sup>14</sup> Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2014). PISA 2012 Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. Informe español. Resultados y contexto OCDE. Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, p. 240.

Nivel	Límite de puntuación inferior	Qué son capaces de hacer los alumnos generalmente en cada nivel
I	334,9	En el nivel I, los alumnos tienen un conocimiento científico tan limitado que solo puede ser aplicado a unas pocas situaciones familiares. Son capaces de presentar explicaciones científicas obvias que se derivan explícitamente de las pruebas dadas.

En la *Figura 1* puede observarse como en el conjunto de la OCDE y de la Unión Europea, un 18% del alumnado se encuentra en el nivel más bajo del rendimiento en ciencias o por debajo del mismo (niveles <I y I). La variación de este porcentaje entre los países de la OCDE es elevada, desde un 5% en Estonia y un 6% en Corea del Sur, hasta un 34% en Chile y un 47% en México. El porcentaje del alumnado situado en los niveles bajos en ciencias en España (16%) es 2 puntos inferior a los promedios de la OCDE y de la Unión Europea, e igual al porcentaje de Austria. En la mayoría de los países de la OCDE y de la Unión Europea la proporción del alumnado que se encuentra en los niveles más altos de rendimiento en ciencias (niveles 5 y 6) es significativamente menor a la que se encuentra en el otro extremo de la competencia. El porcentaje promedio de la OCDE equivale a un 8% y el de la Unión Europea al 7%. En España este porcentaje alcanza un 5%, tres veces menos que el porcentaje del alumnado situado en los niveles inferiores (niveles <I y I).

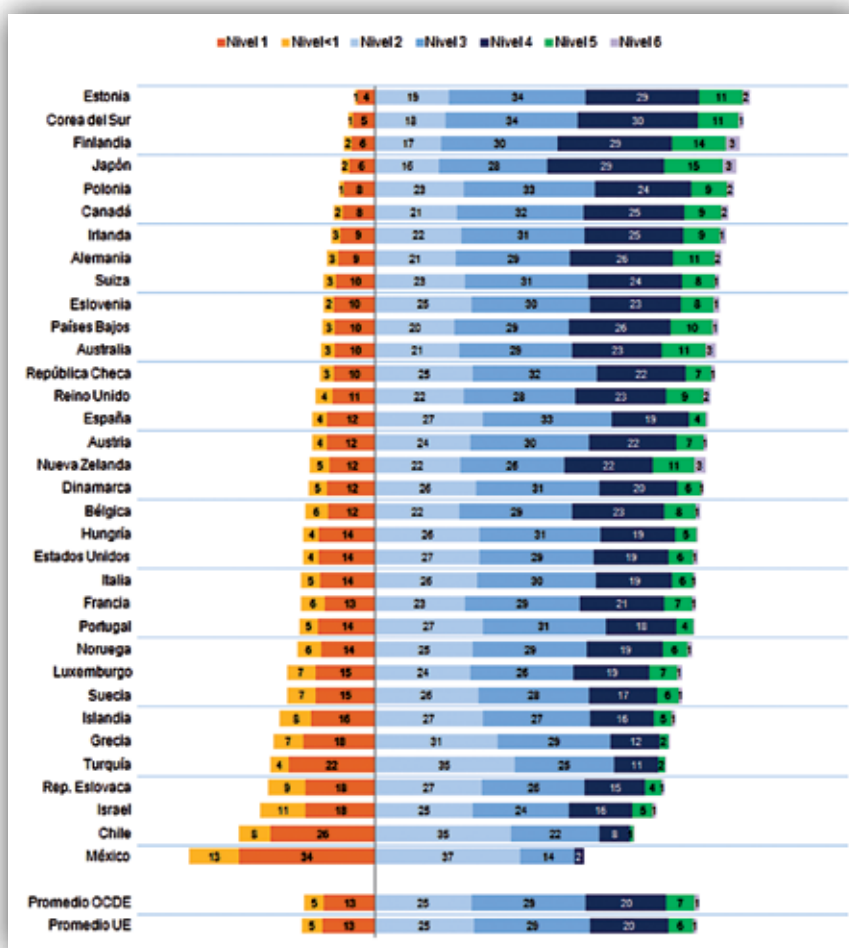


Figura 1. Distribución del alumnado por niveles de rendimiento en ciencias.  
Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos de PISA 2012.



El grupo de expertos responsable de la elaboración del marco teórico de ciencias en PISA ha establecido el nivel 2 como el nivel básico en la escala de rendimiento. Los estudiantes que se encuentran o superan este nivel empiezan a demostrar las competencias científicas que les permitirán enfrentarse a las situaciones relacionadas con la ciencia y la tecnología de forma eficaz. En España un 84% del alumnado tiene como mínimo las competencias básicas en ciencias, un 2% más que el promedio de la OCDE y de la Unión Europea.

Así, es claro que la evaluación internacional comparada permite enriquecer los propios análisis nacionales y ofrecer una referencia y un contexto más amplio en el que interpretar los resultados de un país. Estas evaluaciones que permiten realizar estudios de naturaleza muy diversa son además de gran interés para los responsables de las administraciones educativas, los interesados en política educativa, los centros educativos, los profesionales de la educación y, por supuesto, para los investigadores en el campo educativo.

# MODELO TRIDIMENSIONAL RECORTABLE DE UN ORÓGENO TÉRMICO

Ignacio Meléndez Hevia

*Profesor de Educación Secundaria  
c/ Burgos, 16. 28804 Alcalá de Henares (Madrid)  
nachomelendez@yahoo.es*

Antonio Brandi Fernández

*Editorial Santillana  
Avda. de los Artesanos, 6. 28760 Tres Cantos (Madrid)  
brandian@santillana.es*

**Palabras clave:** Modelo tridimensional, geología, orógeno térmico, puzle, recortable.

**Keywords:** Three-dimensional model, geology, non-collisional orogen, puzzle, cut cardboard.

## Resumen

Se presenta un modelo tridimensional recortable en cartulina, que contiene explicaciones sobre los procesos geológicos y la estructura de un orógeno térmico, formado por la subducción de una placa litosférica oceánica bajo una placa litosférica continental. El modelo consta de seis piezas de cartulina que encajan entre sí, formando un puzle tridimensional, y de una caja que presenta el mismo aspecto que el puzle montado, en la que se puede guardar el conjunto. Cada pieza lleva diversos rótulos y textos explicativos.

## Abstract

This is a three-dimensional cut-out model in card. It presents the structure of an non-collisional orogen caused by the subduction of an oceanic tectonic plate under a continental plate. Explanations of the geological processes involved are included in the model.

The model consists of six pieces of card that fit together to create a three-dimensional puzzle. Each piece contains different texts of the geological processes. Once made up, the model can be kept in its purpose-built box, the same shape as the model.

## I. INTRODUCCIÓN

Las actividades manipulativas, como recortar una cartulina para montar un modelo tridimensional, resultan atractivas y divertidas para los alumnos de todas las edades, y son además una forma de desarrollar la psicomotricidad fina y la visión espacial.

Los alumnos suelen encontrar interesante una actividad que les resulta poco habitual, y siempre les sorprende obtener una estructura tridimensional a partir de unos dibujos planos en cartulina.

El trabajo es preferible realizarlo en pequeños grupos de dos o tres alumnos; de esta forma se obtiene antes el resultado, ya que el montaje de las seis piezas y de la caja-contenedor puede llevar varias horas de trabajo.

## 2. MATERIALES NECESARIOS Y PROCESO DE MONTAJE

Las piezas están dibujadas a color en nueve hojas, que se reproducen al final de este trabajo. El archivo correspondiente podrá ser descargado en la página Web oficial del Congreso, en formato PDF para ser impreso. Para obtener un modelo con una consistencia y un tamaño adecuados, se recomienda su impresión en cartulina blanca a tamaño din A3.

Para recortar y montar las piezas son necesarios los siguientes materiales: tijeras, cola escolar transparente, un pincel fino, una regla y un abrecartas o similar para marcar los pliegues en las piezas recortadas.

La caja-contenedor es la primera pieza que se construye. De esta forma podemos ir guardando en ella las demás piezas a medida que las vamos montando. En ella conservaremos también el puzle completo. El conjunto terminado es, sin duda, un magnífico material didáctico.

### ALGUNOS CONSEJOS PARA FACILITAR EL MONTAJE

- Conviene usar unas tijeras buenas de papelería (grandes y largas) para recortar las piezas, y marcar las líneas de doblez con una regla y un abrecartas antes de doblarlas.
- El pegamento que da mejores resultados es la cola transparente de uso escolar, y debe untarse en la cartulina utilizando un pincel fino, no aplicando directamente la boca del bote. El pegamento blanco escolar también da buen resultado, pero mancha más. Las barras de pegamento dan mal resultado porque pegan al primer contacto y no admiten correcciones. Los pegamentos con disolventes, así como los pegamentos con cianoacrilato deben descartarse, ya que no son aptos para el uso en el aula.
- Es mejor recortar y montar una pieza por completo antes de recortar la siguiente. Así evitaremos confundirnos, ya que algunas piezas están formadas a su vez por más de un componente.
- Se puede seguir el orden sugerido por la numeración de las piezas (pieza 1, pieza 2, etc.). Es importante seguir las instrucciones de las hojas, especialmente para la pieza 2 (manto superior sublitosférico bajo la placa oceánica) y para la pieza 3 (placa oceánica subducente), que tienen una ligera dificultad al contener superficies curvas. Para facilitar el montaje de estas dos piezas, se pegan primero unas superficies provisionales sobre las que se pegan después las superficies finales. El procedimiento está descrito en las propias piezas.
- Algunas piezas, como la 5a y la 5b, tienen indicado un orden de pegado de las pestañas. Puede seguirse otro, pero el indicado es el que, tras varias pruebas, ha resultado ser el más favorable.

### 3. VALOR DIDÁCTICO Y LIMITACIONES DEL MODELO TRIDIMENSIONAL

La estructura de la litosfera, que contiene la corteza y parte del manto superior, y que puede ser además litosfera continental u oceánica, es un contenido que a los alumnos les suele costar asimilar. La estructura de una zona de subducción y de un orógeno térmico tiene también cierta complejidad, y los procesos geológicos que ocurren en una de esas zonas pueden resultar difíciles de comprender y de relacionar entre sí.

El puzle es «autoexplicativo», ya que las piezas están rotuladas, explicando la estructura del orógeno y los procesos que tienen lugar. Los textos explicativos están en forma de frases o párrafos breves, y la curiosidad que despierta en los alumnos la manipulación de las piezas que ellos mismos han construido les impulsa a leer esos textos varias veces. El resultado es que, casi sin quererlo, están estudiando la estructura y la dinámica del orógeno, mientras lo ven diseccionado y en tres dimensiones.

Lo atractivo del modelo, una vez construido y guardado en su caja, hará que los alumnos lo tengan en su casa a la vista y terminen familiarizándose con esa visión en corte del interior terrestre y de la tectónica de placas.

La principal limitación del modelo es su gran exageración de la escala vertical y la distorsión de las proporciones, que hacen que no se pueda considerar un modelo a escala de la realidad. Sin embargo, esta distorsión hemos preferido mantenerla para hacer que las piezas sean más fáciles de montar y de manipular. Consideramos, además, que ese detalle no le resta valor didáctico al modelo, ya que los alumnos disponen de otras muchas referencias, por ejemplo, las figuras del libro de texto.

Este trabajo se enmarca en un proyecto de realización de varios modelos tridimensionales sobre diferentes estructuras geológicas que ayuden a la comprensión de procesos geológicos como el representado en este trabajo. El objetivo del proyecto completo es configurar un conjunto de puzles que, unidos, den como resultado una visión de conjunto de los procesos de la tectónica de placas.

### 3. FASES DEL PROCESO DE MONTAJE DE LA MAQUETA

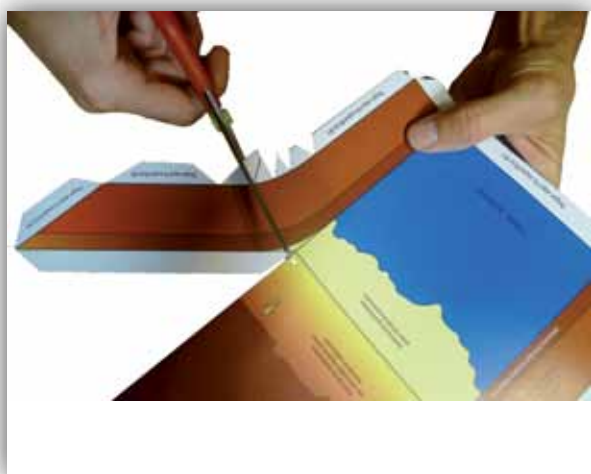


Figura 1. Recortar y montar las piezas por orden.

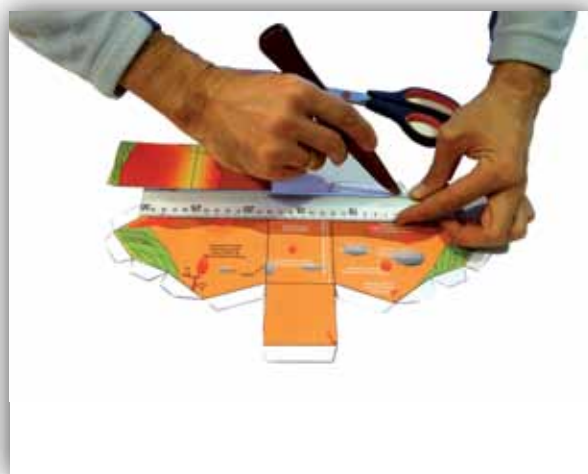


Figura 2. Marcar los pliegues con un abrecartas y una regla.

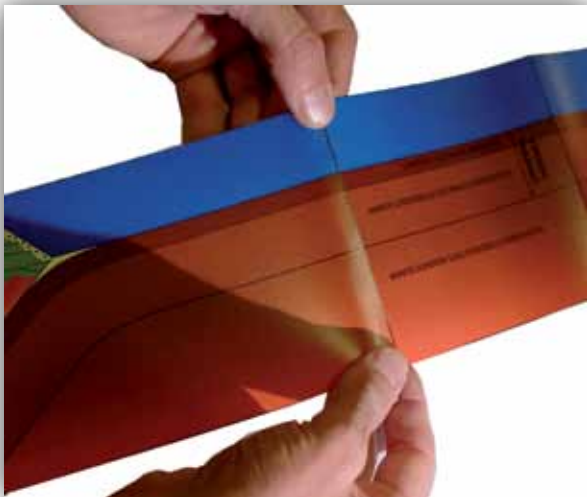


Figura 3. Encolar y pegar las pestañas por orden.

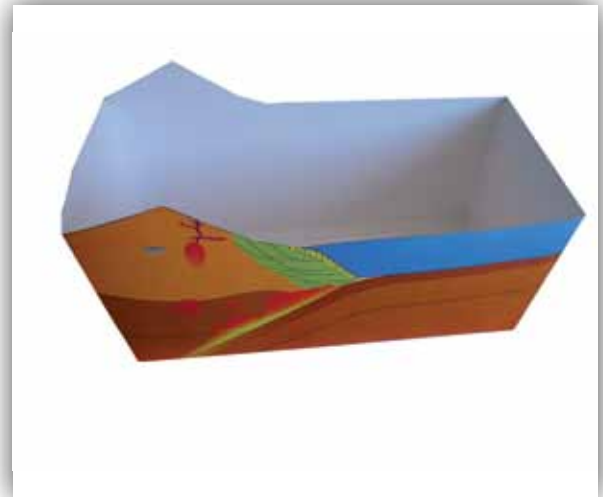


Figura 4. La caja para guardar todas las piezas.

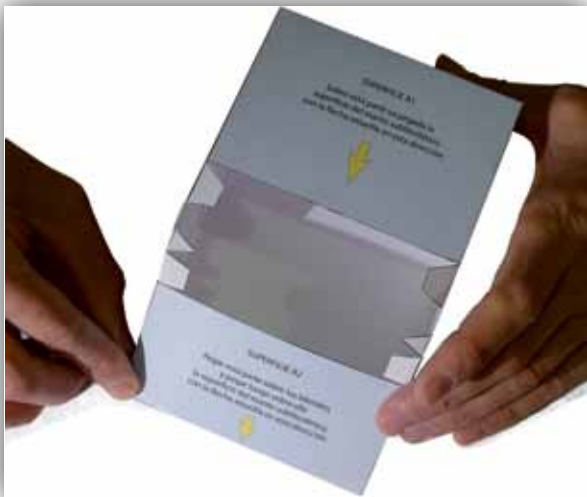


Figura 5. Montaje del interior del manto sublitosférico.



Figura 6. Pegado de la superficie del manto sublitosférico.

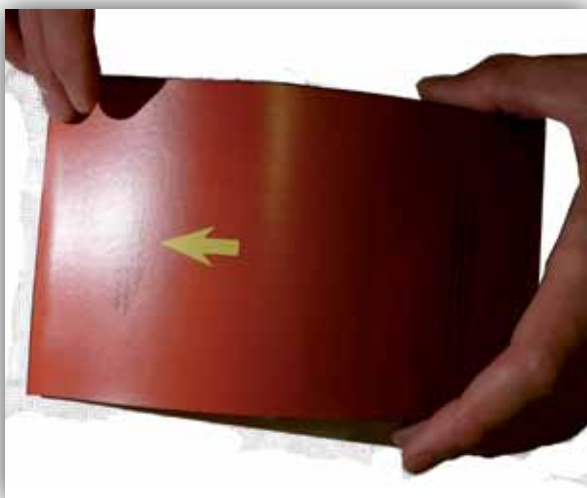


Figura 7. El manto sublitosférico completo.



Figura 8. Placa litosférica oceánica.



Figura 9. Placa oceánica y su manto sublitosférico.



Figura 10. Manto sublitosférico bajo el continente.



Figura 11. Encaje de las tres piezas montadas.



Figura 12. Montaje de la litosfera continental.



Figura 13. Pegado de la superficie de la litosfera continental.

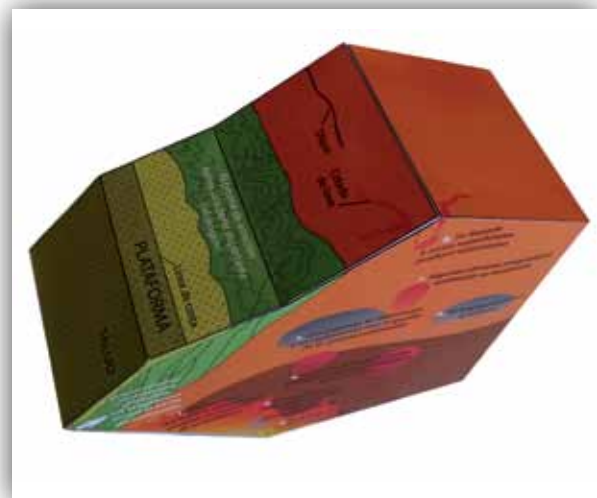


Figura 14. Una de las piezas de litosfera continental, completa.

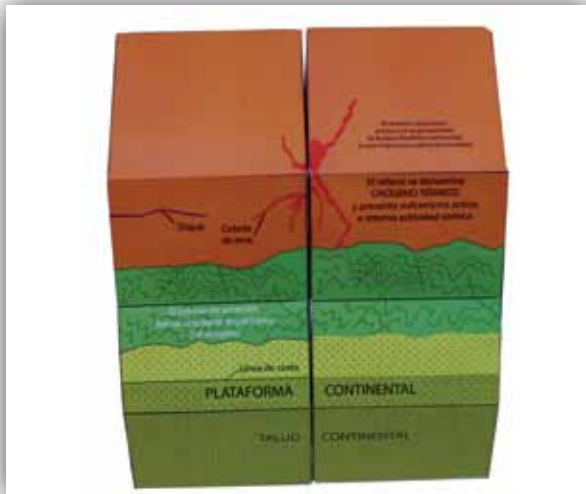


Figura 15. Las dos piezas de litosfera continental.

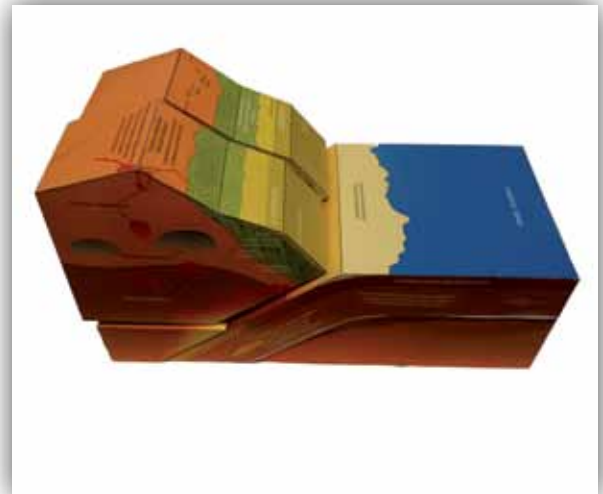


Figura 16. Las cinco piezas montadas.



Figura 17. Montaje del océano.

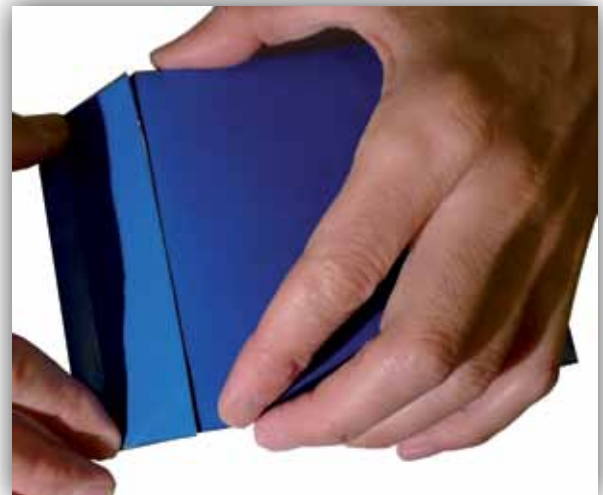


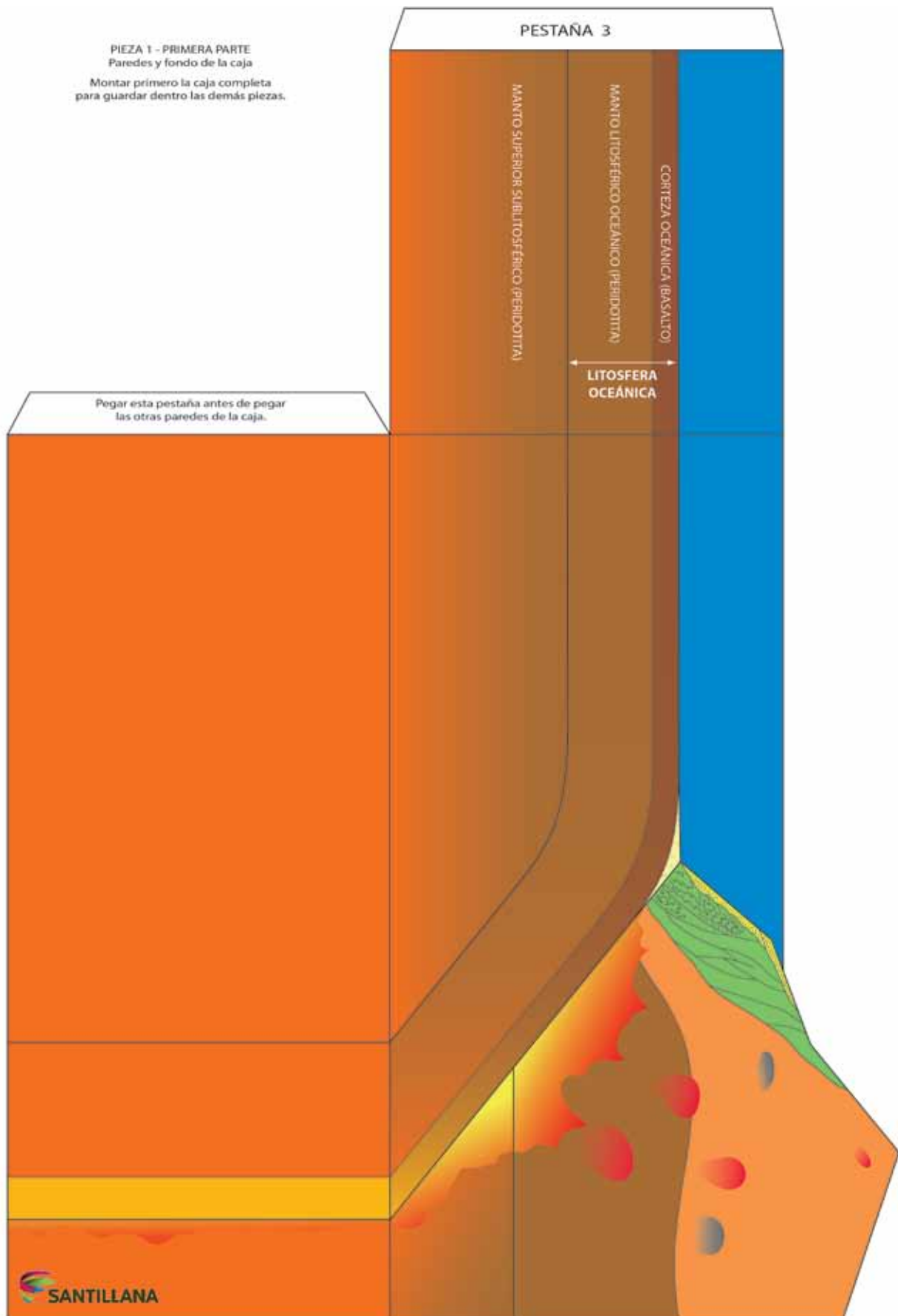
Figura 18. Pegado de la tapa de la pieza del océano.



Figura 19. Las seis piezas del puzle.

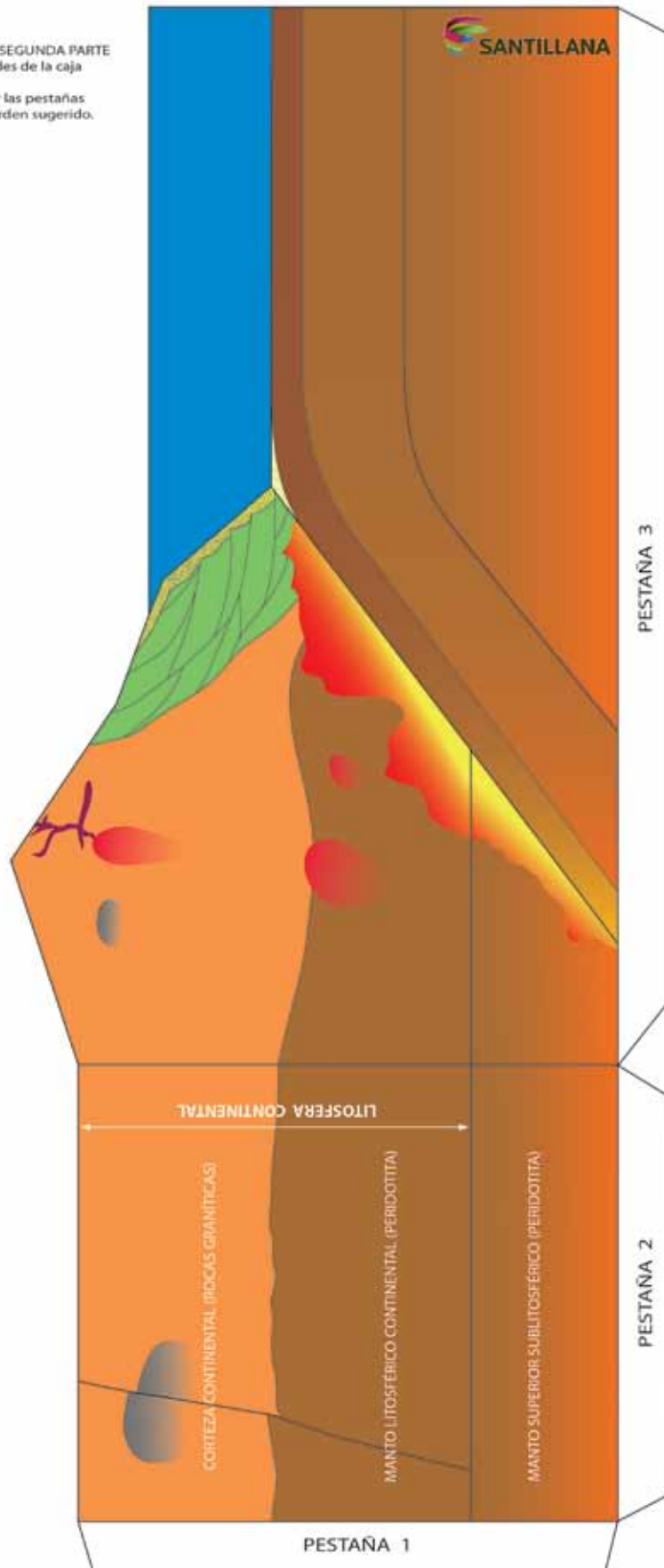


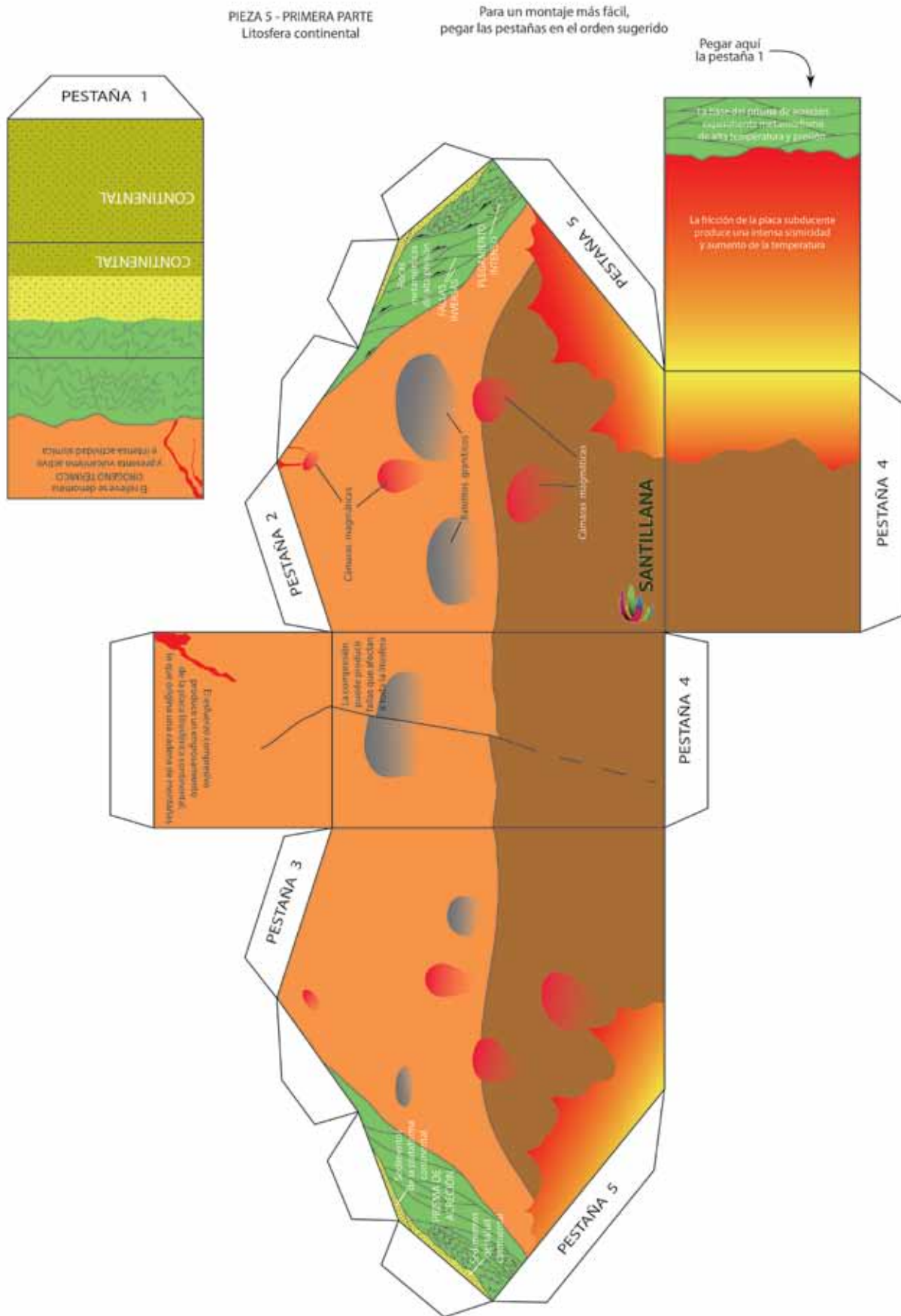
Figura 20. El puzle dentro de su caja.



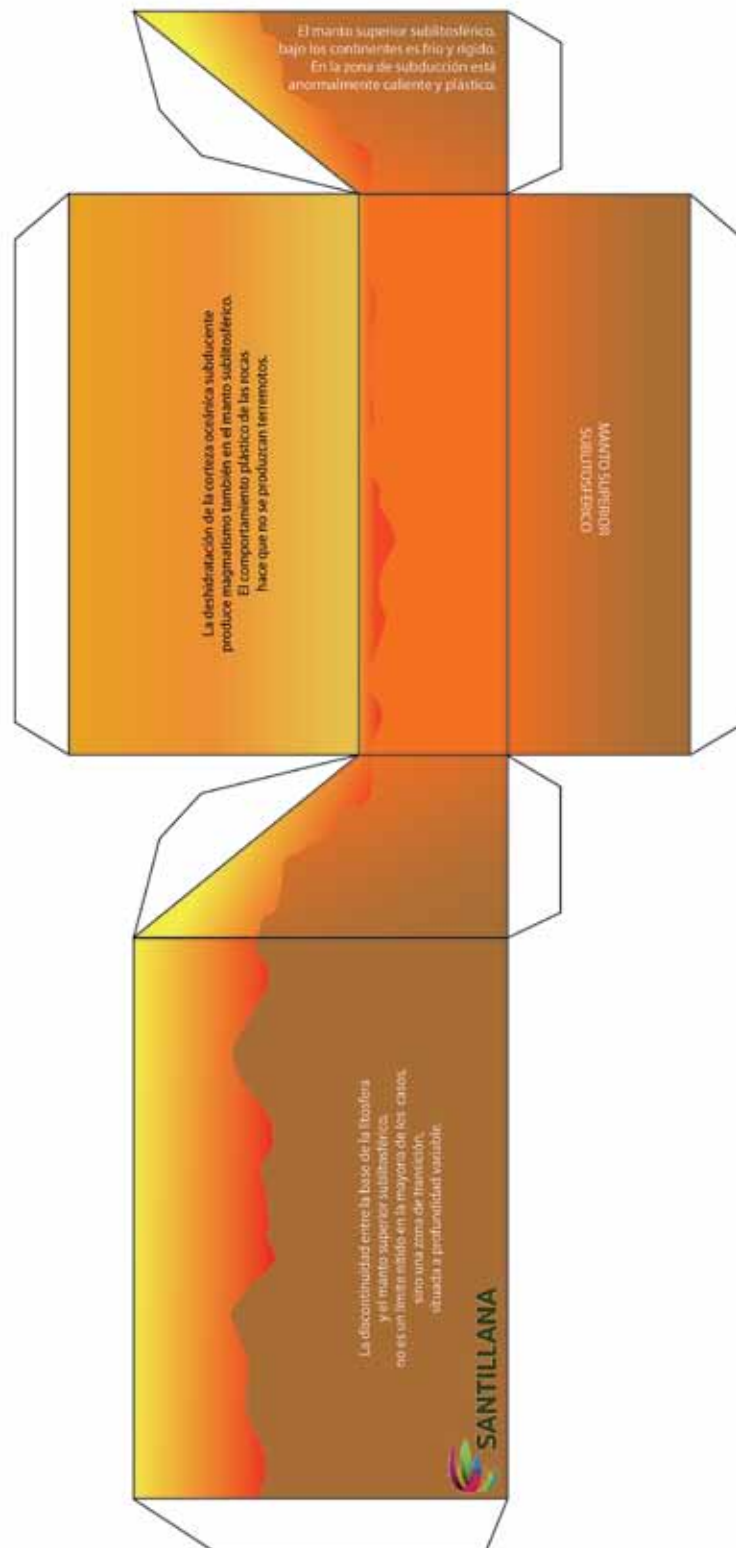


PIEZA 1 - SEGUNDA PARTE  
Paredes de la caja  
Pegar las pestañas  
en el orden sugerido.

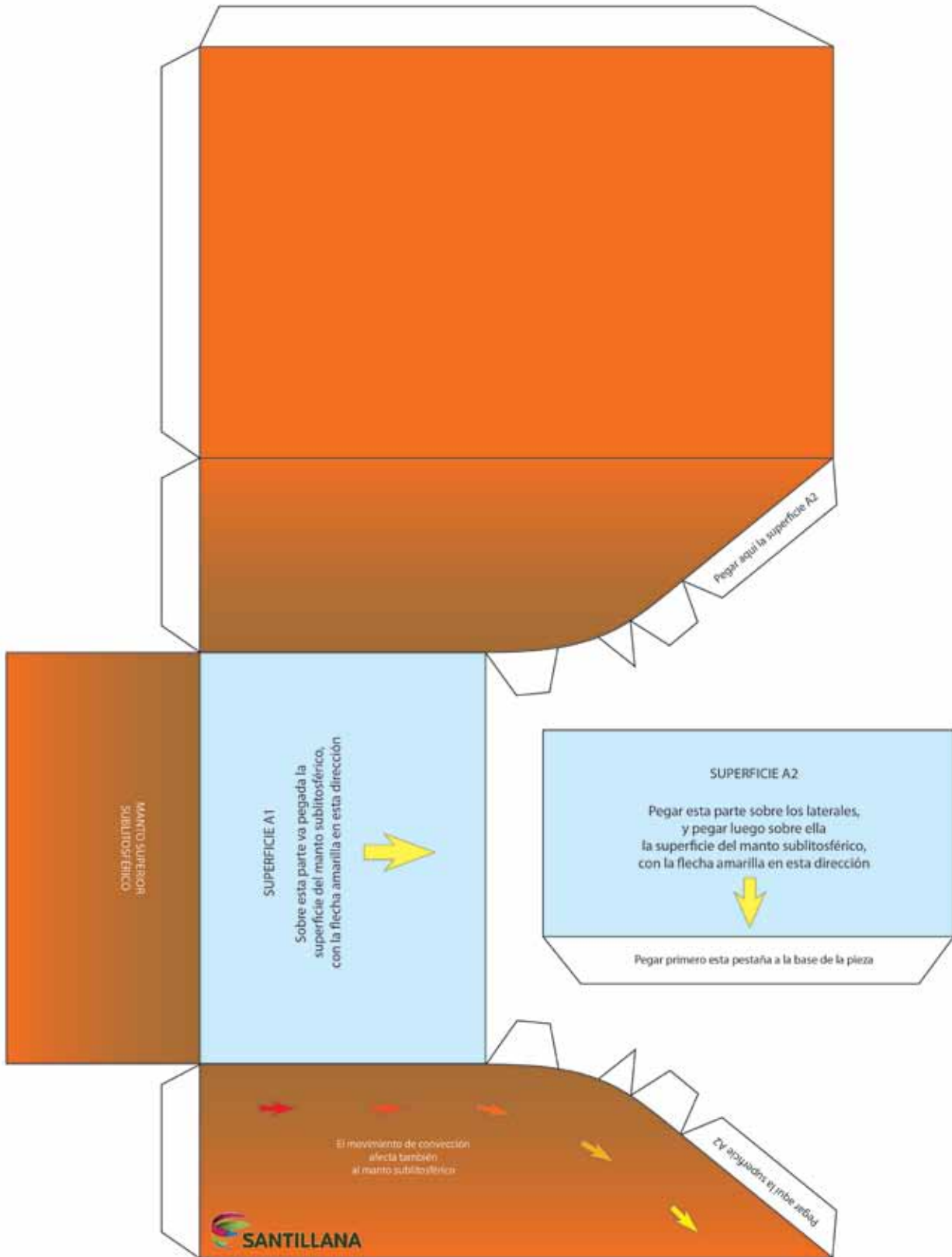




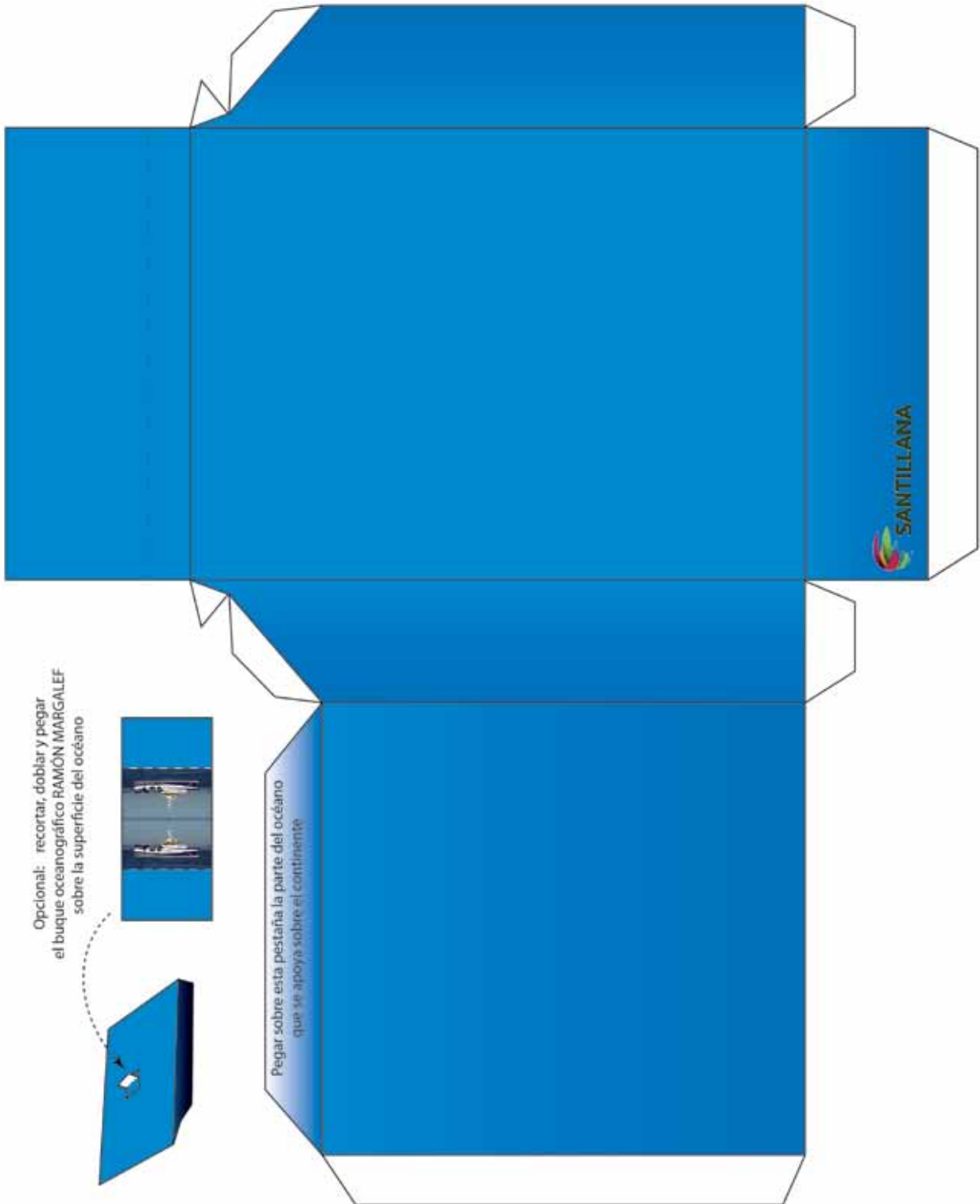
PIEZA 4  
Manto sublitosférico bajo la litosfera continental



**PIEZA 2 - PRIMERA PARTE**  
Manto sublitosférico bajo la placa oceánica  
Montar primero esta parte, y pegar luego sobre ella la segunda parte de la pieza 2

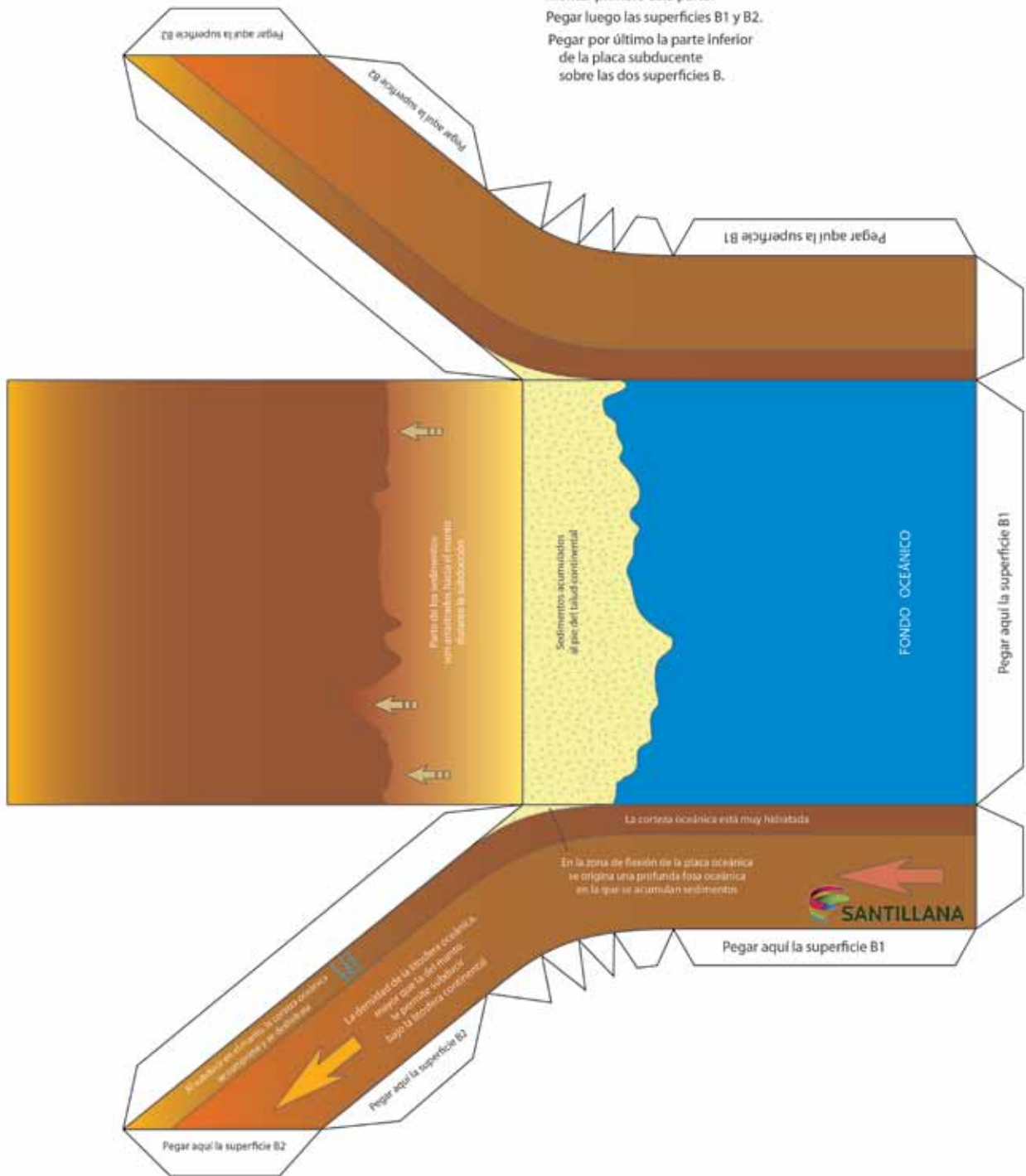


PIEZA 6  
Agua del océano



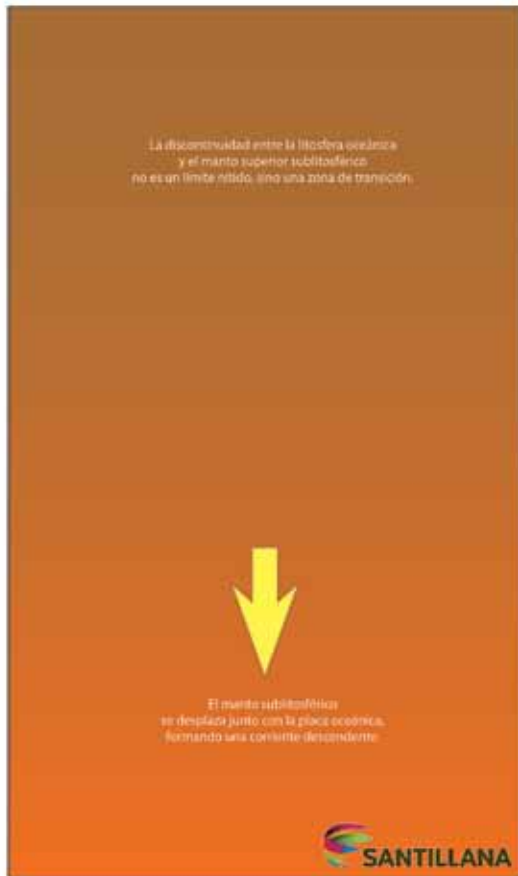
PIEZA 3 - PRIMERA PARTE  
Superficie y laterales de la placa subducente

Montar primero esta parte.  
Pegar luego las superficies B1 y B2.  
Pegar por último la parte inferior  
de la placa subducente  
sobre las dos superficies B.



**PIEZA 2 - SEGUNDA PARTE**  
Superficie del manto sublitosférico bajo la placa oceánica

Montar la primera parte de la pieza 2 antes de recortar esta.  
Pegar esta parte sobre las SUPERFICIES A1 y A2.



**PIEZA 3 - SEGUNDA PARTE**  
Parte inferior de la placa subducente

Montar la primera parte de la pieza 3 antes de recortar esta.  
Pegar esta parte sobre las SUPERFICIES B1 y B2.



# NUEVAS ESTRATEGIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA MITOSIS

José Manuel Pérez Martín

*Facultad de CC. Sociales y de la Educación de la Universidad Camilo José Cela*  
*Grupo de Toxicología celular de la Universidad Autónoma de Madrid*  
jmperez@ucjc.edu jmperezm@gmail.com

Mónica Aquilino Amez

*Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Educación a Distancia*  
maquiamez@gmail.com

**Palabras clave:** Mitosis, errores conceptuales, aprendizaje basado en problemas (ABP), estructura del cromosoma, recursos didácticos en Biología.

**Keywords:** Mitosis, misconceptions, problem based learning (PBL), chromosome structure, Biology didactic resources.

## Resumen

La enseñanza de la mitosis es un tema clave y recurrente en la formación de los estudiantes en ciencias naturales, por ello se propone trabajar los contenidos de este tema acompañando las clases teóricas con nuevas metodologías docentes, como el aprendizaje basado en problemas. De manera que los contenidos teóricos se acompañen con casos prácticos, pequeños talleres o prácticas de aula. En el presente trabajo, describimos una propuesta de actuación con diferentes abordajes que constituyen una nueva estrategia metodológica de la enseñanza de la mitosis.

## Abstract

The teaching of mitosis is a key issue in training students in the field of Natural Sciences. It is proposed that this issue can be addressed by accompanying lectures with new teaching methods such as problem-based learning. In this way, the theoretical case studies are supplemented and enhanced by small workshops and classroom activities. In this paper, we describe a proposal of action consisting of different methodological approaches and new strategies for teaching mitosis.

## INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la mitosis es un punto clave en la formación de los estudiantes de ciencias naturales. La división celular es un tema recurrente en los temarios de las asignaturas afines a este área de conocimien-



to desde la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) hasta en diferentes asignaturas de los másteres de Biomedicina que se imparten en las universidades españolas. Tanto es así que, si analizamos el examen estandarizado más relevante en la carrera académica de nuestros estudiantes, las Pruebas de Acceso a Estudios Universitarios, podemos ver que en los exámenes de Biología de los últimos años en la Comunidad de Madrid siempre aparece una pregunta sobre la división celular. Es un porcentaje muy elevado, teniendo en cuenta que siempre aparece una en cada opción de las dos que pueden elegir los estudiantes y que el total de preguntas por opción es de cinco.

La relevancia de este contenido se pone de manifiesto por la presencia en estos exámenes, pero también si atendemos al currículum ESO para las asignaturas de Ciencias de la Naturaleza y Biología, y Geología (RD 1631/2006),<sup>1</sup> o el que se refiere al Bachillerato (RD 1467/2007)<sup>2</sup> para Biología, que emanan de la Ley Orgánica de Educación. Los contenidos relativos a la división celular en sus diferentes niveles, aspectos, concreciones y profundidad se abordan en el bloque 4 de 2.º de ESO, en el bloque 2 de 3.º de la ESO, en el bloque 3 de 4.º de ESO y en el segundo bloque de contenidos de 2.º de Bachillerato. En etapas formativas posteriores, concretamente en la titulación de Biología (Licenciados y Graduados en Biología), estos contenidos vuelven a repetirse en al menos cuatro asignaturas troncales y obligatorias: Biología Celular, Bioquímica, Genética y Fisiología Vegetal. Lo que puede ampliarse en caso de que opte por asignaturas relacionadas con la Biología molecular y celular. Además de esto, en los estudios de postgrado de las áreas biosanitarias también suelen aparecer contenidos relacionados con la división celular.

Debido a la recurrencia de estos temas a lo largo de las distintas etapas formativas, puede ser que los docentes caigamos en la tentación de dar por sentados ciertos contenidos, o quizás caer en la dejadez o la desidia durante la impartición de esas clases por la reiteración, provocando la desmotivación en los estudiantes. También es posible que los estudiantes interpreten que es un contenido que ya tienen dominado y ocurra aquello que decía Eugène Ionescu, «El tedio florece cuando uno se siente a salvo. Es un inequívoco síntoma de seguridad».

Esta situación ha tenido reflejo en la realidad, ya que cada vez es más frecuente encontrar alumnos de últimos años de carrera que no son capaces de identificar al microscopio las diferentes etapas de la mitosis. Este hecho ha sido observado en alumnos de tercer curso del Grado y de cuarto de la Licenciatura en Biología, y puede deberse a cualquiera de las dos situaciones anteriormente descritas: el alumno no lo aprende por creer que lo sabe y/o por el tedio que le supone dicho contenido, y el profesor no lo transmite tan bien como otros contenidos ya que entiende que es un contenido repetido.

Las teorías del aprendizaje en lo que respecta a la construcción del conocimiento en los individuos son variadas y atienden a diferentes aspectos (MERGEL, 1998).<sup>3</sup> Sin embargo, en el paradigma educativo actual basado en el constructivismo de Ausubel, el aprendizaje de contenidos se superpone sobre los conceptos adquiridos previamente, modificando estos para adecuarlos a las situaciones correctas según el nuevo aprendizaje (AUSUBEL Y COL., 1983).<sup>4</sup> Por tanto, los conceptos se estructuran en forma de árboles de conocimiento que, en la medida de lo posible, van creciendo e interaccionando entre ellos formando

<sup>1</sup> MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las Enseñanzas Mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado n.º 5: 667-773. (España).

<sup>2</sup> MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. 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 n.º 266: 45381-45477. (España).

<sup>3</sup> MERGEL, B. (1998). *Diseño instruccional y Teoría del aprendizaje*, Universidad de Saskatchewan, Canadá, p. 35. [http://www.suagm.edu/umet/biblioteca/Reserva\\_Profesores/janette\\_orengo\\_educ\\_173/Teorias.pdf](http://www.suagm.edu/umet/biblioteca/Reserva_Profesores/janette_orengo_educ_173/Teorias.pdf). Último acceso 26 de junio de 2014.

<sup>4</sup> AUSUBEL, D., NOVAK, J., HANESIAN, H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México. D. F., p. 623.

relaciones entre contenidos. Para hacernos una idea, podríamos representarlos bidimensionalmente como proponen Novak y Gowin (1984),<sup>5</sup> en forma de mapas conceptuales, una herramienta que se utiliza muy frecuentemente en educación.

En la base del aprendizaje en la que se sustenta el paradigma constructivista de Ausubel, se asienta el concepto de cambio conceptual tras la detección de los errores conceptuales, que son las ideas formadas por los estudiantes y que no se corresponden con la realidad. El origen de estos errores son múltiples y van desde una interpretación errónea de un contenido explicado en clase, adquirido autónomamente en la vida cotidiana o incluso por las situaciones socio-culturales por las que se vea influenciado (revisado por MOREIRA Y GRECA, 2003;<sup>6</sup> BELLO, 2004<sup>7</sup>).

En este artículo se describe el método de trabajo por el que hemos analizado esta situación y las modificaciones docentes puestas en marcha para paliar la situación. Comenzamos por una evaluación diagnóstica en la que valoramos dónde estaban los problemas de interpretación, el error conceptual. Una vez detectado, planteamos formas de trabajo motivadoras que implicaron a los alumnos, definimos las mejores herramientas para procurar introducir cambios conceptuales, y finalmente trabajamos actividades de refuerzo empleando dichas metodologías.

## OBJETIVOS

Nuestro objetivo global perseguía la mejora del aprendizaje de la mitosis, pero no para el corto plazo, en el que se trabaja mediante representaciones arquetípicas de la naturaleza, sino mediante recursos didácticos que muestren imágenes y situaciones reales que garanticen un aprendizaje útil a corto y largo plazo. Para ello fijamos unos objetivos concretos, que fueron:

1. Mejorar el aprendizaje de los alumnos en los contenidos relativos a la mitosis: reconocer las fases del ciclo celular y las figuras mitóticas reales tal y como se observan al microscopio, así como las estructuras de un cromosoma eucariota.
2. Identificar los cambios que se producen en la distribución de la cromatina a lo largo de las distintas fases del ciclo y la división celular, y utilizarlo como criterio para definir la etapa mitótica en la que se halla la célula.
3. Conocer los puntos de control del ciclo y la división celular.

## METODOLOGÍA

La estrategia metodológica de nuestra propuesta se estructura en cinco etapas que se centraron en: evaluar el conocimiento previo y detectar el problema, describirlo detalladamente, impartir contenidos nuevos, evaluar los resultados de la nueva estrategia y proponer tareas autónomas individuales y/o grupales para el estudiante que trabaje en la consolidación de los contenidos.

**Primera etapa.** *Evaluación diagnóstica* del nivel de conocimiento de los alumnos sobre la división celular. Las cuestiones que valoramos fueron las relativas a la identificación de microfotografías de figuras mitóticas, así como de imágenes tomadas de esquemas de libros de texto de nivel universitario.

<sup>5</sup> NOVAK, J. D. Y GOWIN, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 228.

<sup>6</sup> MOREIRA, M. A., GRECA, I. A. (2003). Conceptual change: critical analysis and proposals in the light of the meaningful learning theory. *Ciência & Educação*, 9 (2), 301-315.

<sup>7</sup> BELLO, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15 (3), 60-67.

**Segunda etapa.** Análisis de los esquemas de la *mitosis en libros de texto* potencialmente disponibles para los alumnos a la hora de estudiar los temas relacionados con la división celular.

**Tercera etapa.** *Clase teórico-práctica de mitosis.* Preparación, observación y estudio de muestras citológicas reales para analizar la división mitótica.

**Cuarta etapa.** *Evaluación de los resultados.* Se pidió el cálculo de la tasa de división de las muestras analizadas, que consiste en el recuento de 250 células y la clasificación de cada una de ellas en las diferentes etapas del ciclo celular (interfase, profase, metafase, anafase y telofase), calculando posteriormente el porcentaje de células en mitosis del total observado.

**Quinta etapa.** *Actividades de refuerzo.* Para que el contenido se afianzase en mayor medida, se les propusieron diferentes actividades con perfil lúdico. Por un lado debían encontrar un recurso didáctico donde se describiera la mitosis y detectar los errores que aparecieran en él. La fuente y el formato de estos recursos podrían ser cualquiera (páginas web, libros de texto, vídeos, etc.), pero en el trabajo debían consignar su origen. Posteriormente se les planteó una actividad para trabajar en grupo: un caso práctico sobre divisiones mitóticas con errores.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Evaluación diagnóstica.** Nuestro trabajo se inició con la presentación de imágenes de divisiones mitóticas procedentes de esquemas de libros de texto. En estos casos, los alumnos reconocieron sin dificultad todas las figuras que allí se les mostraron. Posteriormente se les enseñaron microfotografías reales de células en división con distintas tinciones y de distintos orígenes (animales y vegetales). En este punto surgió la dificultad, no todas las imágenes que se mostraron fueron reconocidas por todos los alumnos, e incluso algunas eran desconocidas por la inmensa mayoría. Tal es el caso de la metafase en vista polar, que los esquemas de los libros nunca representan, privando a los estudiantes de la idea de que las células tienen volumen.

Por lo tanto, fue evidente que el problema apareció cuando se enfrentaron a situaciones reales: preparaciones microscópicas realizadas por ellos mismos tanto en células animales como vegetales. Pensamos que en cierta medida el problema radica en la utilización de los esquemas de los libros de texto que incorporan dibujos arquetípicos muy vistosos y poco fidedignos con la realidad. Sin olvidar también lo que hemos podido ver en otros, se utilizan microfotografías de gran belleza y complejidad que quizás desenfocan, a ojos de los estudiantes, el objetivo que persiguen: mostrar los cambios en la condensación y la posición de la cromatina a lo largo del ciclo celular. Ese es el criterio fundamental que nos indica en qué fase de la mitosis nos encontramos.

Cierto es que el resto de la célula cambia la distribución e incluso el aspecto de los otros orgánulos y que incluso el citoesqueleto de microtúbulos cambia radicalmente, reorganizándose para dar lugar al huso acromático. Sin embargo, si bien cuando las microfotografías muestran más de una señal detectada (cromatina y microtúbulos, cromatina y centrómeros, cromatina y centrosomas) se vuelven más espectaculares visualmente, distraen a los alumnos alejándolos de lo importante en ese momento: *¿qué fase mitótica es?* En nuestro caso no negamos el interés de esas fotos, pero el aprendizaje autónomo que deben desarrollar los estudiantes a veces se reduce con dichas imágenes, porque no estamos ahí para indicarles concretamente qué tienen que ver, en qué se tienen que centrar primero. Tanto es así que en nuestro programa tenemos establecida una sesión independiente de esta que nos ocupa en este trabajo, en la que les pedimos que identifiquen la fase de la división mitótica en la que se encuentra cada célula sin ver cómo está la cromatina. Solo pueden utilizar la señal fluorescente de los microtúbulos y de los microfilamentos, pero todo ello una vez que son capaces de identificar cualquier figura mitótica con el marcaje del núcleo.

Por lo tanto, detectamos un problema: los alumnos reconocen las figuras de los esquemas y los asocian con una etapa de la mitosis, pero no siempre son capaces de establecer una tercera asociación con las imágenes reales que se ven en el microscopio. Entonces ¿qué hay de diferentes entre las imágenes de los esquemas de los libros y las imágenes reales?

**La mitosis en los libros de texto.** Los autores del trabajo analizamos los temas relacionados con el ciclo y la división celular en varios libros de texto que los alumnos universitarios pueden utilizar para estudiar estos contenidos y que estaban relacionados con el área de conocimiento (biología celular). Del mismo modo también revisamos cómo se presentan los contenidos en otros manuales más generalistas pero también relacionados con la biología.

En este punto hay que resaltar que los esquemas relacionados con la división mitótica en los manuales de nivel universitario son muy vistosos y llamativos, pero sus representaciones arquetípicas suelen estar muy alejadas de la realidad que el estudio al microscopio nos revela. Tanto fue así que los esquemas de multitud de estos libros presentan errores graves que dificultan la interpretación de la visualización, así como el entendimiento del proceso sucesivo de las fases mitóticas.

Todo el mundo asume que las representaciones esquematizadas facilitan la comprensión por idealizar de un modo simplificado la realidad. Sin embargo, facilitar la comprensión de un proceso no debe estar reñido con la veracidad de lo que allí se pretende describir. Incluso representaciones como las que mostramos en este trabajo para fomentar el espíritu crítico no serían buenas para niveles educativos bajos, ya que, aunque la profundidad del conocimiento que se les pretende transmitir sea menor, no hay por qué falsear la realidad. La adaptación al nivel educativo no es presentar el contenido con errores.

En ciencias es fundamental fomentar el espíritu crítico en los estudiantes, de manera que como actividad de la sesión se les propuso a los estudiantes que analizaran críticamente esquemas de la división celular de libros de texto que les mostrábamos en diapositivas. La primera imagen (*Figura 1*) que presentamos a los alumnos mostraba un esquema de la división celular de un libro del año 2010, donde confluyen la mayoría de los errores conceptuales que los estudiantes incorporan en la construcción del concepto desde el inicio de su formación, arrastrándolos durante mucho tiempo y dificultando el entendimiento de la mitosis al observar preparados microscópicos reales. Por ello y sirviéndonos de ejemplo, y no de escarnio público, procedimos a su crítica.

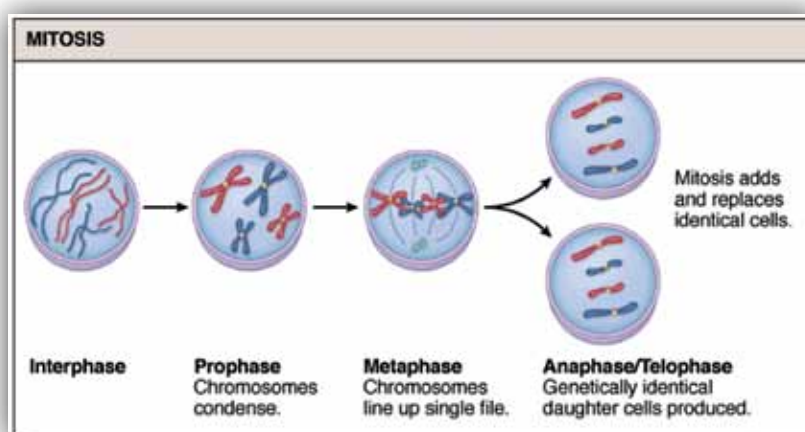


Figura 1. Esquema de la mitosis tomado del libro titulado *Junqueira's Basic Histology*, 12th Edition (2010). The McGraw-Hill Companies, Inc. (Figura 3-21, p. 60).<sup>8</sup>

<sup>8</sup> MESCHER, A. L. (2009). *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas* (12 ed.), Estados Unidos, McGraw Hill Professional, p. 467.

Pedimos a modo de introducción que un alumno describiera el proceso de mitosis utilizando el esquema. Apoyándose didácticamente en él, describió cómo la profase se detecta morfológicamente como una fase en la que se visualiza la cromatina condensándose dentro del núcleo, la envoltura nuclear sigue siendo evidente y el nucléolo comienza a desorganizarse. Llegado un momento concreto la envoltura se desensambla y los cromosomas condensados se visualizan individualizadamente, se identifican los extremos (telómeros), centrómeros (constricción primaria) e incluso en algunos casos las regiones organizadoras del nucléolo (en inglés NOR) que se corresponden a las constricciones secundarias. A la vez que continúan condensándose, van siendo conducidos hacia el centro de la célula hasta que son alineados en la placa ecuatorial. Una vez allí todos, se produce el disparo anafásico y las cromátidas hermanas pierden su cohesividad, y por la inestabilidad dinámica de los microtúbulos (que no se ve al microscopio pero los alumnos lo dicen como si se viera), las dos cromátidas se separan y migran a polos opuestos. Según avanza la anafase y los polos se van separando, en las células animales surge una constricción en el centro de la célula que acaba segmentando en dos células hijas la célula que estaba en mitosis. En el momento en el que los cromosomas están cerca de los polos y se aprecia esta constricción se habla de telofase, la cual finaliza cuando la cromatina se descondensa y la célula se divide en dos mediante el proceso denominado citocinesis.

Este último párrafo representa el testimonio más o menos literal con el que los alumnos nos explicaban la mitosis, estando convencidos de que todo eso se podía ver en el esquema que tenían en la pantalla. Tan convencidos estaban que no reparaban en los errores, pero esas ideas que describían estaban fuertemente asociadas con las imágenes del esquema y no con las de las figuras mitóticas reales procedentes de muestras para el microscopio. Por ello les impedían entender e interpretar correctamente lo que veían sus ojos al microscopio.

El esquema presenta múltiples errores: para empezar, los cromosomas de la primera figura tienen dos cromátidas, se identifican de manera individual perfectamente, y según el esquema no están en profase sino en interfase. Además existe otro error grave, todos los cromosomas en esa etapa tienen las cromátidas hermanas separadas, cuando todos sabemos que durante la replicación, mientras se forman las dos cromátidas hermanas y hasta que llegamos a anafase, las diferentes proteínas que forman los cromosomas y fundamentalmente las cohesinas mantienen unidas ambas cromátidas sin que podamos ver que están separadas en ningún momento.

Llegados a la profase, los cromosomas no distan mucho de los que se representan erróneamente en metafase y siguen siendo cromosomas metacéntricos que han perdido la cohesividad de cromátidas hermanas de manera errónea.

Más grave es aún que cuando llegan a metafase, no se aprecia ningún cambio en el dibujo en cuanto a la desorganización de la envoltura nuclear. Además, no se facilita de ningún modo la diferenciación entre el cinetocoro y el centrómero.

Hasta ese punto se pueden detectar errores de tipo estructural, pero están presentes. A partir de aquí, el esquema resuelve la división con un par de flechas que indican que el proceso finaliza en anafase y telofase. Además de no mencionar la citocinesis, presenta a esta como dos células hijas con la citocinesis finalizada, cuyos cromosomas no se hallan en el estado de condensación que les corresponde. En ese momento deberían presentarse las dos células hijas como células en interfase, con envoltura nuclear, y la cromatina como una maraña donde no se visualizan los cromosomas de manera individualizable. La representación muestra cromosomas perfectamente condensados, con una sola cromátida, en un estado más similar a la metafase mitótica salvo porque faltaría una cromátida en cada cromosoma. Sin embargo, hay que reseñar que aunque en metafase los cromosomas tienen dos cromátidas, la visualización al microscopio las presenta indistinguibles debido a la presencia de cohesinas y al fenómeno de cohesividad de cromátidas hermanas.

Existen otros muchos esquemas que presentamos como ejemplos a los estudiantes; por cuestiones de espacio solo mostramos aquí dos más (Figura 2 y Figura 3).

La Figura 2 muestra la mitosis tal y como se representa en un libro de Biología, editado en el año 1996. En esta imagen se presentan juntos los esquemas de todas las fases de la mitosis y series de microfotografías de células animales y vegetales en las distintas etapas de la mitosis. En primer lugar, habría que destacar que lo que buscan los autores de dicho libro es que los usuarios del manual puedan comparar los arquetipos con las figuras mitóticas reales. Sin embargo, las imágenes que muestran la mitosis animal presentan unas características morfológicas que dificultan su interpretación, debido principalmente a que el modelo celular elegido tiene unos cromosomas extremadamente pequeños en comparación con el tamaño de la célula. En el caso de las imágenes de las células vegetales, la tinción revela, por un lado, los cromosomas (azul oscuro) y, por otro, un marcaje de proteínas relacionadas con el citoesqueleto de microtúbulos (rojo). Este tipo de imágenes, aunque vistosas, suelen complicar la interpretación de un fenómeno que fundamentalmente se conoce y describe por los cambios sobre el material genético.

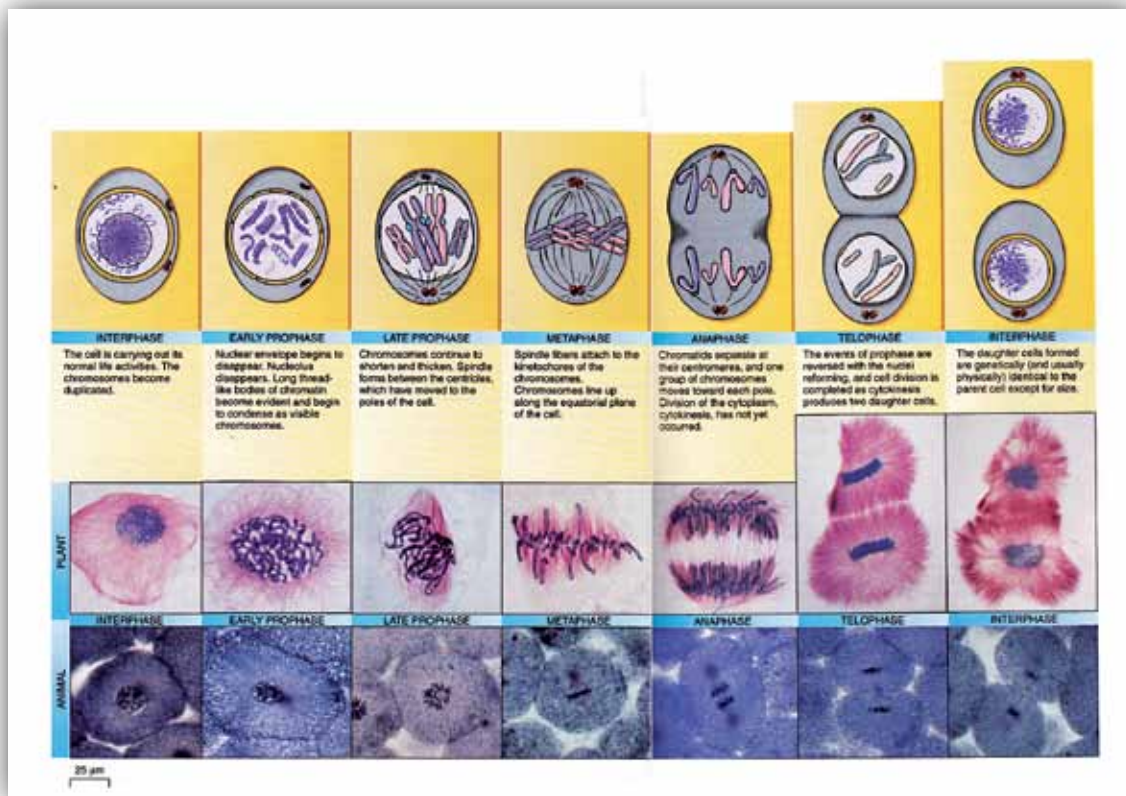


Figura 2. Modificado de la figura 9-4 de las pp. 222-223 del libro Biology. 4.ª ed.<sup>9</sup>

En cualquier caso, esta figura permite evidenciar la falta de similitud entre lo que se ve al microscopio y lo que los esquemas representan. Tanto es así que casi nadie podría reconocer al microscopio una profase temprana, tardía, la metafase y su estado intermedio, la prometafase, guiándose por este esquema.

Por último, hay que destacar que en el esquema de la Figura 2, la estructura del núcleo en la fase identificada como telofase se corresponde mejor con la citocinesis en su momento terminal. Además, el pro-

<sup>9</sup> SOLOMON, E. P., BERG, L. R., MARTIN, D.W., VILLEE, C. (1996). *Biology* (4.ª ed.), Estados Unidos, Saunders College Publishing, p.1229.

ceso a nivel citoplasmático tiene características intermedias entre el estrangulamiento que se produce por los microfilamentos de actina en las células animales y de formación centrípeta, junto con otras propias de los vegetales, como podría ser la formación del fragmoplasto de tipo centrífuga. Con todo ello, el final de este esquema resulta conflictivo con la realidad.

El último esquema al que nos queremos referir (*Figura 3*) es de un libro de L. C. Junqueira y J. Carneiro, histólogos brasileños de gran prestigio internacional. En este caso, es el libro *Histología Básica* del año 1987. En este caso la imagen resulta menos vistosa que las otras que hemos mostrado. En cambio no hemos detectado ningún error destacable, detalle engañoso o representación falsamente idealizada.

Otro aspecto relevante en la enseñanza de la mitosis es el material que tradicionalmente se maneja para el estudio de la mitosis. Se trata de las células procedentes de los meristemos radiculares de bulbos de *Allium cepa* (cebollas), cuyas células presentan unos cromosomas de gran tamaño y permiten su análisis a alumnos de cualquier nivel. El procesamiento que se llevó a cabo en las prácticas seguía los protocolos establecidos en el Grupo de Toxicología celular de la Universidad Autónoma de Madrid y descritos recientemente por Herrero y colaboradores (2012).<sup>10</sup>

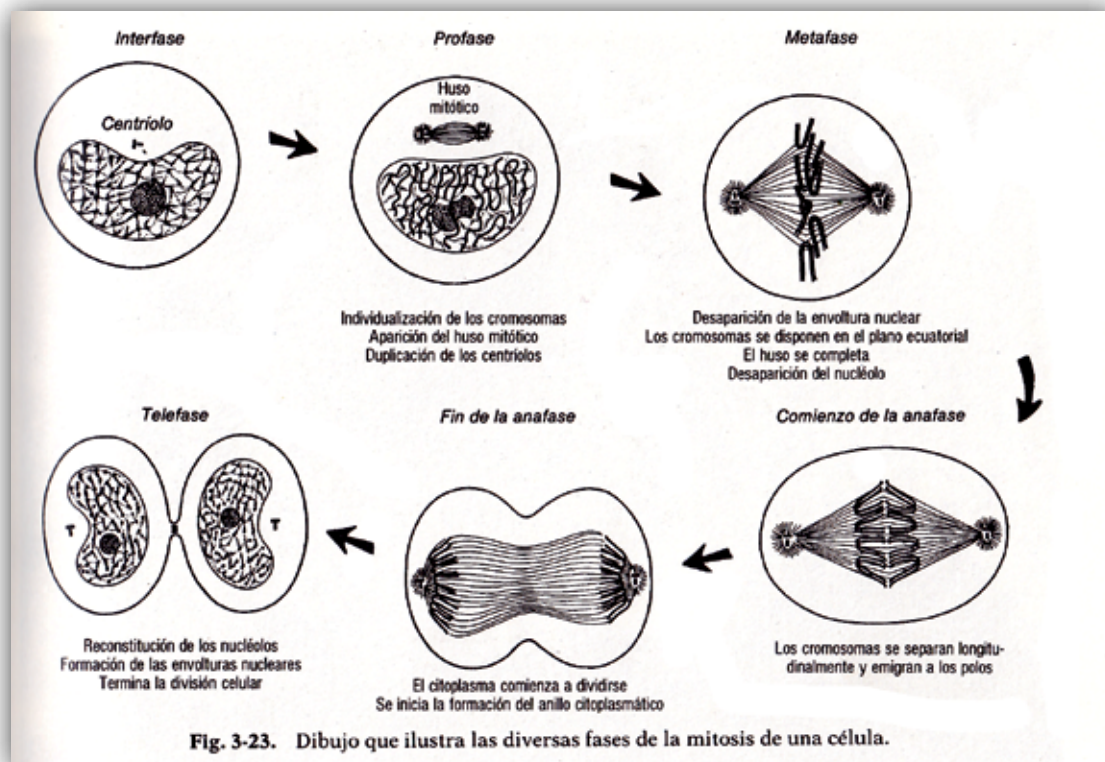


Figura 3. Esquema de la mitosis (fig. 3-23) tomado de la p. 59 del libro titulado *Histología Básica*.<sup>11</sup>

Mientras los alumnos realizaban la tinción de las muestras, procedimos a introducir contenidos teórico-prácticos sobre la mitosis empleando imágenes reales del mismo material observado en microscopía

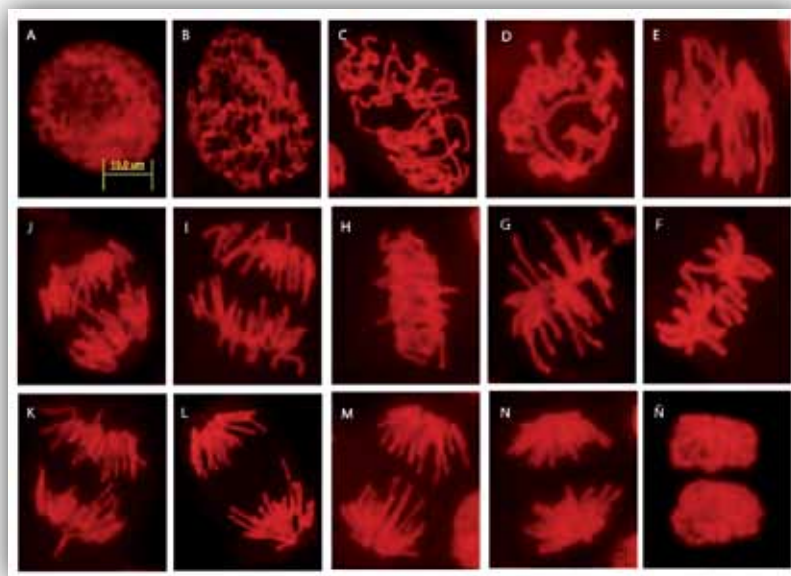
<sup>10</sup> HERRERO, Ó., PÉREZ MARTÍN, J. M., FERNÁNDEZ FREIRE, P., CARVAJAL LOPEZ, L., PEROPADRE, A., HAZEN, M. J. (2012). Toxicological evaluation of three contaminants of emerging concern by use of the *Allium cepa* test. *Mutation Research*, 743, 20-24.

<sup>11</sup> JUNQUEIRA, L. C Y CARNEIRO, J. (1987). *Histología Básica*, (3.ª ed.). España, Salvat, p. 544.

óptica de fluorescencia ( $\lambda$  excitación = 530-540 nm,  $\lambda$  emisión = 620 nm). Como se muestra en la *Figura 4*, los estudiantes tuvieron la oportunidad de profundizar en los contenidos con estas imágenes reales que permiten la interpretación foto a foto de las distintas etapas de la mitosis, identificándolas no como hitos mitóticos aislados e inconexos, sino como un continuo de diferentes distribuciones de la cromatina durante el proceso de condensación, posicionamiento, reparto y separación.

Para llevar a cabo la *Evaluación de los resultados* obtenidos empleando esta metodología docente, propusimos a los alumnos el recuento de un número de células del preparado, con el fin de obtener el valor de la frecuencia de células en división que representa la tasa de crecimiento del meristemo. Este recuento debía clasificar a las células en los distintos estadios en los que se podían encontrar: interfase, profase, metafase, anafase y telofase. Estos recuentos se utilizan en valoraciones toxicológicas empleando los bulbos de *A. cepa* como modelo experimental, ya que bajo las condiciones de crecimiento controladas a las que fueron sometidas presentan valores en la tasa de división controlados y estables (FISKESJÖ, 1985<sup>12</sup>; HERRERO Y COL., 2012<sup>10</sup>), y que en nuestro caso está alrededor del 12%.

Los recuentos llevados a cabo por los alumnos, sobre un total de 250 células cada uno, estuvieron cerca de esos valores previstos ( $11,9 \pm 2,5\%$ ). Otros se alejaron de ese valor esperado, pero el motivo no fueron errores en la identificación de las figuras mitóticas. En este caso el error era de tipo experimental, ya que el número muestral de células que evita errores y sesgos en el recuento es 500 células. Por lo tanto, es muy meritorio que buena parte de los alumnos alcanzasen recuentos correctos, pero lo fundamental es que todos aprendieran a distinguir las figuras mitóticas visualizando preparaciones reales al microscopio.



*Figura 4.* Esquema representativo de las diferentes etapas de la mitosis en células meristemáticas radiculares de *A. cepa*. (A) interfase, (B-D) profase, (E-G) metafase, (H-N) Ana-telofase y (Ñ) citocinesis. Todas estas imágenes fueron capturadas por los autores en el laboratorio del Grupo de Toxicología celular de la Universidad Autónoma de Madrid.

Finalmente para llevar a cabo las *Actividades de refuerzo* y conseguir que los alumnos afianzaran los conocimientos, se les propusieron diferentes actividades. En primer lugar, debían buscar recursos educativos que versaran sobre la mitosis. Podían proceder de cualquier origen (páginas web, libros de texto, vídeos, etc.),

<sup>12</sup> FISKESJÖ, G. (1985). The Allium test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*, 102, (1), 99-112.



además se les pedía que referenciaran debidamente el origen del recurso con el fin de fomentar la correcta citación de las fuentes. Una vez encontrado y presentado el material con el que iban a trabajar, debían describir y comentar críticamente las limitaciones y/o errores encontrados en dichos materiales, explicando brevemente en qué consistían esos errores.

Posteriormente se les planteó una actividad para trabajar en grupo que consistía en un caso práctico real en el que las divisiones mitóticas presentaron alteraciones (ANEXO I). Esta estrategia se fundamenta en el aprendizaje basado en problemas y se puede enfocar desde una perspectiva lúdica en tanto en cuanto los alumnos interpreten que son actores de una situación real en la que su participación puede ser determinante para resolverla (BARROWS, 1986<sup>13</sup>), permitiendo el contexto de gamificación (CORTIZO PÉREZ Y COL., 2011<sup>14</sup>). En ambos casos se trata de fomentar la participación y la motivación que ayudan a generar mayores rendimientos en el aprendizaje y dota a la enseñanza de una estructura no solo basada en conceptos, sino también de competencias. Para el desarrollo de la actividad, se les suministró tanto el texto referente al caso práctico «La mitosis desde la respuesta tóxica», como microfotografías reales del problema a resolver. En este caso práctico se describe cómo un compuesto es capaz de alterar la separación de las cromátidas hermanas, provocando alteraciones fácilmente visibles. En concreto, se trata de un fenómeno genotóxico, que implica la generación de micronúcleos por la exposición a agentes tóxicos. Los micronúcleos son pequeños fragmentos de cromatina que no han sido integrados dentro del núcleo tras la constitución de la envoltura nuclear en la interfase. El origen de estos se puede interpretar fácilmente cuando se conoce correctamente la división celular. Tras la lectura del texto que se utiliza como elemento motivador, se explica con detalle que los daños producidos en el ADN pueden tener reflejo en las divisiones mitóticas provocando diferentes situaciones en función de la diana subcelular que se vea comprometida (centrosomas, microtúbulos, proteínas motoras, cinetocoro, cromatina...). Finalmente y, ante los resultados que se describen, se genera un debate con propuestas de los estudiantes sobre los posibles orígenes tanto de las fases mitóticas anómalas como de los micronúcleos, así como perspectivas de futuro sobre posibles experimentos complementarios que permitan determinar el origen del daño genotóxico.

Con esta nueva estrategia metodológica ofrecemos recursos didácticos alternativos en la enseñanza de la mitosis para cualquier nivel educativo, siempre y cuando se adapten debidamente a los condicionantes de cada grupo-clase. La idea que queremos transmitir en este trabajo es que la representación de los procesos naturales debe ser lo más real posible para garantizar que el cambio conceptual se realiza sobre una base sólida y correcta, permitiendo la completa interpretación del fenómeno natural (en este caso, la mitosis) en cada momento del proceso de enseñanza y conforme se van incorporando los nuevos conocimientos en cada nivel educativo.

## CONCLUSIONES

Tras la realización de la secuencia de actividades con los alumnos aplicando estas herramientas metodológicas, podemos concluir que:

1. Se mejoró la identificación de figuras mitóticas reales, el entendimiento de los eventos sucesivos del ciclo celular y la estructura de los cromosomas eucariotas.

<sup>13</sup> BARROWS, H. S. (1986). *A Taxonomy of problem-based learning methods*. En *Medical Education*, 20 (6), 481-486.

<sup>14</sup> CORTIZO PÉREZ, J. C., CARRERO GARCÍA, F., MONSALVE PIQUERAS, B., VELASCO COLLADO, A., DÍAZ DEL DEDO, L. I., PÉREZ MARTÍN, J. (2011). Gamificación y Docencia: Lo que la Universidad tiene que aprender de los Videojuegos. *VIII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria. Retos y oportunidades del desarrollo de los nuevos títulos en educación superior*. [http://abacus.universidadeuropea.es/bitstream/handle/11268/1750/46\\_Gamificacion.pdf?sequence=2](http://abacus.universidadeuropea.es/bitstream/handle/11268/1750/46_Gamificacion.pdf?sequence=2). Último acceso 26 de junio de 2014.

2. El aprendizaje basado en problemas o en casos prácticos, en conjunción con el trabajo colaborativo y el debate ante una situación práctica resultaron una estrategia educativa más motivadora y que fomenta la participación y el espíritu crítico en mayor medida que las estrategias meramente expositivas.
3. Los estudiantes aplicaron el método científico durante la sesión del caso práctico de genotoxicidad, «La mitosis desde la respuesta tóxica», al tratar de entender cómo se generaron los micronúcleos tras la exposición a un tóxico y proponiendo posibles experimentos con la finalidad de responder a preguntas que surgieron durante el debate. Además, se reforzó el conocimiento de las distintas fases del ciclo celular y la mitosis, así como sus puntos de control.
4. Los docentes debemos tener en cuenta siempre que por difícil que sea el contenido, debemos enseñarlo tal y como es. No debemos falsearlo para facilitar su comprensión, convendrá adecuarlo al nivel académico, pero nunca convertirlo en un modelo falsificado de la realidad.

## ANEXO I. CASO PRÁCTICO QUE SE PRESENTÓ A LOS ALUMNOS

Un amigo, al que conocimos en el último congreso de Toxicología al que asistimos, nos ha pedido ayuda. Cosmin es de Rumanía y trabaja en Bristol, me ha escrito un email y me ha enviado unos documentos. Por un momento estuve recordando de qué estuvimos hablando... Hablamos sobre los problemas de salud derivados de la exposición a sustancias químicas con potencial genotóxico. Él me decía que se deberían hacer seguimientos rutinarios sobre la presencia de alteraciones genéticas en las poblaciones humanas que vivieran en regiones que tuvieran especial relevancia o significado para la salud ambiental y humana. Yo le comenté el extraordinario caso de la ausencia de datos sobre la incidencia de cáncer en las poblaciones humanas que viven en regiones cercanas a centrales nucleares. Él replicó que el interés económico puede encerrar estos datos en cajones bajo llave, pero que existen otros organismos que pueden actuar de centinelas garantizando niveles de seguridad toxicológica. Me habló de un modelo toxicológico, bulbos de cebolla (*Allium cepa*), que permitía el análisis de la división celular de células meristemáticas de la raíz. Allí la tasa de división es tan elevada que si se producen daños sobre los cromosomas por el contacto con agentes tóxicos, se pueden visualizar en tiempos cortos de exposición. Uno de los parámetros era la frecuencia de micronúcleos. Generalmente las células no tienen problemas en el reparto de cromosomas salvo en una frecuencia bajísima, tanto que se suele ver 1 micronúcleo tras contabilizar 1 000 células interfásicas. Sin embargo, cuando algún proceso celular no funciona bien, pueden verse alteradas las funciones normales de ese reparto a cualquier nivel (replicación, reparación, condensación, estabilización, segregación...). Como pueden originarse por la alteración de cualquier estructura implicada en la división celular, se suelen analizar el resto de las fases de la mitosis para poder interpretar qué proceso celular se ha visto alterado, fundamentalmente en etapas como la metafase, donde todos los cromosomas con sus dos cromátidas deben estar alineados, y la ana-telofase, donde se produce la separación de las cromátidas hermanas a polos opuestos. Vistos estos momentos clave y realizados los pertinentes recuentos, se procede a interpretar cuál es el origen del daño, es decir, su mecanismo de acción tóxica.

Yo me quedé perplejo ante tanto potencial de una herramienta de investigación. Sin embargo, él me reconoció que, desde que se marchó una investigadora de su grupo, estos análisis eran muy complicados, ya que él carecía de la formación para interpretar correctamente la mitosis. Yo le comenté que era cierta la dificultad de entender la división celular, pero que

mis alumnos eran unos expertos, que era un tema de gran importancia en biología y que podría contar conmigo y mis alumnos para resolver sus dudas.

En su email, me contaba que había recibido el encargo de evaluar una sustancia química, concretamente un vertido químico del que de momento no sabe con precisión la composición, pero había encargado un estudio HPLC y, en cuanto supiera algo, nos lo enviaría. Había realizado los estudios de genotoxicidad en bulbos de *Allium cepa* y, ante su manifiesta incapacidad de interpretarlos, nos los enviaba para que tratáramos de ayudarle. Entre la documentación se hallaban los resultados de la presencia de micronúcleos en células interfásicas y fotografías de diferentes muestras (Figura suplementaria 1).

A Cosmin lo que le interesa saber es el origen de este daño genotóxico y para ello os propongo unas preguntas para ir recorriendo el camino en la interpretación:

1. ¿Qué dianas celulares pueden estar implicadas en la aparición de micronúcleos tras la exposición a xenobióticos tóxicos?
2. ¿En qué fase mitótica podemos iniciar la observación de un futuro micronúcleo?
3. ¿Qué posibles orígenes pueden presentar los micronúcleos? Representad las distintas posibilidades utilizando las imágenes proporcionadas por Cosmin.
4. ¿Qué posibles pruebas puedes hacer sobre células en interfase con micronúcleos para determinar con precisión el origen de estos?

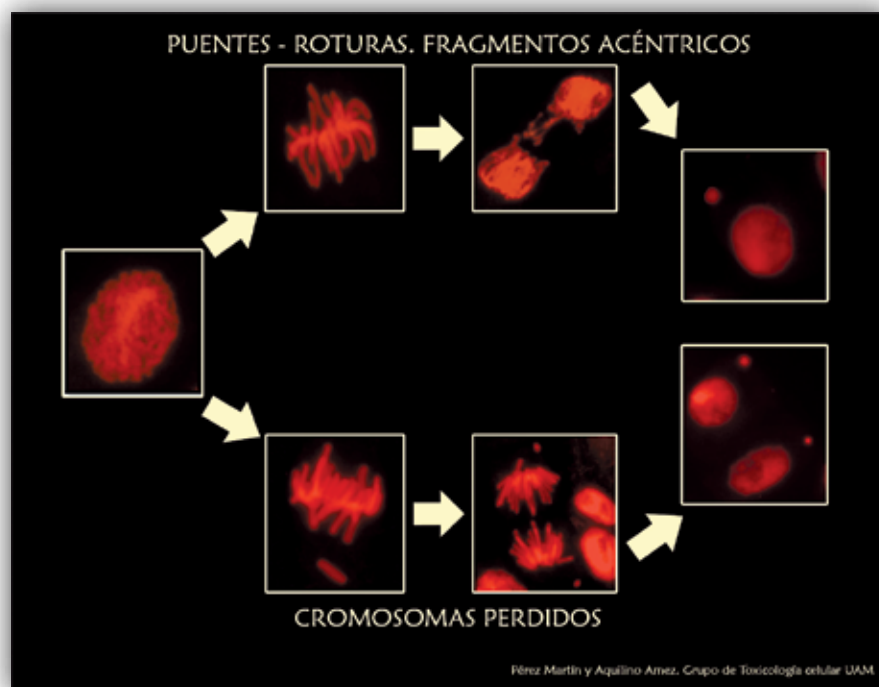


Figura suplementaria 1. Composición de imágenes que resulta de la resolución del caso práctico. La generación de micronúcleos puede producirse a través de daños en el ADN (puentes y roturas) que producen fragmentos acéntricos (sin centrómero-cinetocoro) y que generan micronúcleos de pequeño tamaño. Por otro lado, estos daños podrían producirse por alteraciones en la congregación de los cromosomas previos a la metafase o durante la migración en ana-telofase, provocando pérdidas de fragmentos con centrómero-cinetocoro, lo que provocaría la generación de dos micronúcleos generalmente más grandes, uno por cada cromátida entera. Este último proceso de cromosomas perdidos tiene un origen en la estructura de la cromatina, el cinetocoro y/o los microtúbulos del huso, pero nunca por roturas de la cadena de ADN.

# ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN COMERCIAL DE PRODUCTOS PARA EL APRENDIZAJE DE FÍSICA Y QUÍMICA POR INDAGACIÓN

Gabriel Pinto Cañón, José María Hernández Hernández,  
Manuela Martín Sánchez, María Teresa Martín Sánchez

*Grupo de Didáctica e Historia, Reales Sociedades Españolas de Química y de Física  
Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Química, Universidad Politécnica de Madrid  
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Salamanca  
gabriel.pinto@upm.es*

**Palabras clave:** Aprendizaje activo, aprendizaje basado en problemas, búsqueda de datos, Ciencia-Tecnología-Sociedad.

**Keywords:** Active learning, data mining, flipped classroom, problem-based learning, Science-Technology-Society.

## Resumen

La información aportada por fabricantes de diversos productos es la base para que los alumnos resuelvan problemas. Los objetivos son: favorecer la adquisición de competencias específicas (conocimiento de conceptos físicos y químicos) y transversales (resolución de problemas, análisis de datos, trabajo en equipo...); promover la motivación; fomentar el pensamiento crítico; desarrollar propuestas educativas contextualizadas, del tipo CTSA (Ciencia-Tecnología-Sociedad-Medio Ambiente) y STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*); y colaborar en la formación ciudadana. Los casos son: (a) relación entre consumo de combustible en automóviles y emisión de CO<sub>2</sub>, (b) termoquímica de las calderas domésticas de condensación, (c) composición de dentífricos, y (d) composición de aguas minerales.

## Abstract

Information provided by manufacturers of different products is the basis for students to solve problems. The objectives are: to facilitate the acquisition of skills, both specific (essentially the knowledge of physical and chemical concepts) and transversal (problem solving, data analysis, teamwork...); to promote motivation of students and teachers; to encourage critical thinking; to develop educational tools contextualized in STSE (Science-Technology-Society-Environment), STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) and *flipped* learning environments; and to collaborate on the preparation of scientific literate citizens. The cases discussed are: (a) relationship between fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions by cars, (b) thermochemistry of domestic condensing boilers, (c) composition of toothpastes, and (d) composition of mineral waters.

## I. INTRODUCCIÓN: APRENDIZAJE CONTEXTUALIZADO DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA

Como es bien sabido, y basado en distintas consideraciones, existen varias corrientes pedagógicas que promueven cambios metodológicos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales en los diversos niveles educativos. En esencia, se sugiere que la enseñanza debe ser más activa por parte del alumno, basada en la indagación y más contextualizada en aspectos cotidianos y familiares. Con ello se intenta favorecer un aprendizaje más efectivo y significativo de lo aprendido, así como una mayor motivación hacia el aprendizaje.

Así, se han desarrollado, en las últimas décadas, experiencias variadas: entornos Ciencia-Tecnología-Sociedad-Medio Ambiente (CTSA), enfoques de Ciencia-Tecnología-Ingeniería-Matemáticas (normalmente conocido por las siglas en inglés, STEM), Ciencia en Contexto, etc. La bibliografía al respecto es extensa; incluso existen redes que favorecen la coordinación de propuestas realizadas desde distintos países. Por no ser exhaustivos, destacamos únicamente el conocido como «Informe Rocard», por el que desde hace unos años se promueve la renovación de la enseñanza de las ciencias en Europa,<sup>1</sup> y los portales *Web Salters' Chemistry*,<sup>2</sup> *Science in School*<sup>3</sup> y *Scientix*.<sup>4</sup>

Los autores de este trabajo llevan años desarrollando propuestas para la enseñanza de física y química, en las que se introducen aspectos cotidianos como herramientas pedagógicas potentes y de interés, cuyo uso no se limita ni a un adorno retórico ni a un tiempo de «entretenimiento» para los alumnos. En un trabajo anterior se recopiló algunas de dichas propuestas y se discutió sobre ventajas e inconvenientes de estas metodologías de contextualización.<sup>5</sup> En este capítulo se muestran algunos casos, desarrollados por los autores en su práctica docente, donde la información comercial aportada por el propio fabricante de diversos productos es la base para que los alumnos resuelvan diferentes preguntas y problemas planteados.

Existen diversos trabajos donde se sugiere el empleo de la información de productos comerciales para abordar problemas en las clases de ciencias. Selinger aporta bastante información sobre «productos del mercado», donde incluye aspectos como limpieza, cocina, cosmética, jardín, cuidado de piscinas, o pinturas, entre otros.<sup>6</sup> Recientemente se ha propuesto el análisis del etiquetado de productos para estudiar la nomenclatura química<sup>7</sup> o la estequiometría,<sup>8</sup> por poner algunos ejemplos.

Los casos que se analizan en este trabajo son: (a) relación entre consumo de combustible en automóviles y emisión de CO<sub>2</sub>, (b) termoquímica de las calderas domésticas de condensación, (c) composición de dentífricos y (d) composición de aguas minerales.

<sup>1</sup> ROCARD, M. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://bit.ly/lIxEQz5>

<sup>2</sup> THE SALTERS' INSTITUTE. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://saltersinstitute.co.uk/>

<sup>3</sup> *Science in School, Highlighting the best in science teaching and research*. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://www.scienceinschool.org/>

<sup>4</sup> *ScienTIX, The community for science education in Europe*. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://www.scientix.eu/web/guest>

<sup>5</sup> PINTO CAÑÓN, G., MARTÍN SÁNCHEZ, M., MARTÍN SÁNCHEZ, M.T. (2013). La vida cotidiana en la enseñanza de la química y la física. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., BARATAS DÍAZ, A., BRANDO FERNÁNDEZ, A. (editores), *Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato*. Madrid, Santillana, pp. 309-317.

<sup>6</sup> SELINGER, B. (2005), *Chemistry in the marketplace*, 5.<sup>a</sup> ed. Sydney, Harcourt Brace.

<sup>7</sup> CALVO PASCUAL, A. (2014). Using product content labels to engage students in learning chemical nomenclature. *Journal of Chemical Education* 91, 757-759.

<sup>8</sup> PINTO, G., PROLONGO, M. L. (2013). Stoichiometry in context: Inquiry-guided problems of chemistry for encouraging critical thinking in engineering students. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 3, 24-28.

Son ejemplos de experiencias ideadas para un aprendizaje activo que favorezca la adquisición de competencias específicas, como la comprensión de conceptos físicos y químicos (estequiometría, reacciones químicas específicas, combustión, transferencia de calor, efecto invernadero, unidades de concentración, etc.). También pueden servir para detectar concepciones alternativas en los alumnos. Además, se intenta promover la adquisición de competencias genéricas (búsqueda de datos, elaboración de trabajos escritos, empleo de unidades adecuadas, elaboración de tablas, creatividad, trabajo en equipo, etc.). Otros objetivos son: promover la motivación de alumnos y profesores; fomentar el pensamiento crítico; desarrollar herramientas educativas contextualizadas en entornos CTSA y de tipo STEM; y colaborar en la formación ciudadana.

En estas experiencias se ha promovido el trabajo cooperativo de los alumnos, que piensan y desarrollan vías de resolución de problemas de forma colectiva. Aunque se han llevado a la práctica principalmente con alumnos de primer curso universitario de ingenierías y de diversos cursos de estudios de formación de profesorado (Magisterio, cursos de actualización para docentes y título de Máster), son fáciles de adecuar a niveles educativos previos.

## 2. CASO I: RELACIÓN ENTRE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN AUTOMÓVILES Y EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>

En la Unión Europea existe, desde hace años, el objetivo de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> causadas por los automóviles. Además de otras medidas, se han previsto distintos sistemas de información al consumidor; entre los que destaca la consideración de que cualquier material de promoción de vehículos debe incluir las cifras del consumo de combustible. En este sentido, en los anuncios de prensa de los diversos modelos de automóviles, se incluye su consumo medio de combustible (gasolina o gasóleo, en L/100 km) y emisión de CO<sub>2</sub> (en g/km). Este es un tema que, a priori, es motivador para un buen número de alumnos, porque les atrae el «mundo del motor» o porque les interesan (al menos como curiosidad) los temas ambientales (como el efecto invernadero).

En concreto, se pide a los alumnos que, a partir de los datos que recopilen en periódicos, revistas o páginas Web, como las del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía,<sup>9</sup> para diversos modelos de automóviles, representen los valores de emisión de CO<sub>2</sub> (en g/km) en función del consumo de combustible (en L/100 km) e interpreten la gráfica obtenida por consideraciones estequiométricas. Se puede trabajar con datos de automóviles que utilizan gasolina o gasóleo (también conocido como gasoil, que se emplea en los vehículos de motor diésel), pero, obviamente, no se pueden mezclar los datos de ambos combustibles.

A partir de valores que se obtuvieron al respecto en la citada dirección Web, para automóviles de la marca Nissan (tomada como ejemplo), se tiene la representación recogida en la *Figura 1*. Como puede apreciarse, los datos siguen variaciones lineales. En concreto, las rectas obtenidas (con las unidades expresadas en la *Figura 1*) por el método de mínimos cuadrados son:

- Automóviles de gasolina:  $y = 23,60 \cdot x - 2,89$  ( $R^2 = 0,9991$ )
- Automóviles diésel:  $y = 27,01 \cdot x - 4,45$  ( $R^2 = 0,9982$ )

Considerando (de forma simplificada) que la gasolina está formada esencialmente por octanos, la reacción principal del motor en los automóviles que emplean este combustible es:



<sup>9</sup> IDAE, INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA, *Consumo de carburante y emisiones de CO<sub>2</sub> en coches nuevos*. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de [www.coches.idae.es](http://www.coches.idae.es)

Teniendo en cuenta, además, que la gasolina tiene una densidad aproximada de 0,76 kg/L, la emisión de CO<sub>2</sub> ha de ser del orden de:

$$\begin{aligned} \text{Emisión CO}_2 &= 0,76 \frac{\text{kg}}{\text{L octano}} \cdot \frac{1 \text{ kmol octano}}{114,0 \text{ kg}} \cdot \frac{8 \text{ kmol CO}_2}{\text{kmol octano}} \cdot \frac{44,0 \text{ kg}}{\text{kmol CO}_2} \cdot 10^3 \frac{\text{g CO}_2}{\text{kg}} \\ &= 2,35 \cdot 10^3 \text{ g CO}_2/\text{L octano} \end{aligned}$$

Este valor coincide aceptablemente con el de la pendiente de la recta de regresión correspondiente, dividido por 100 (por darse el consumo de combustible en L/100 km).

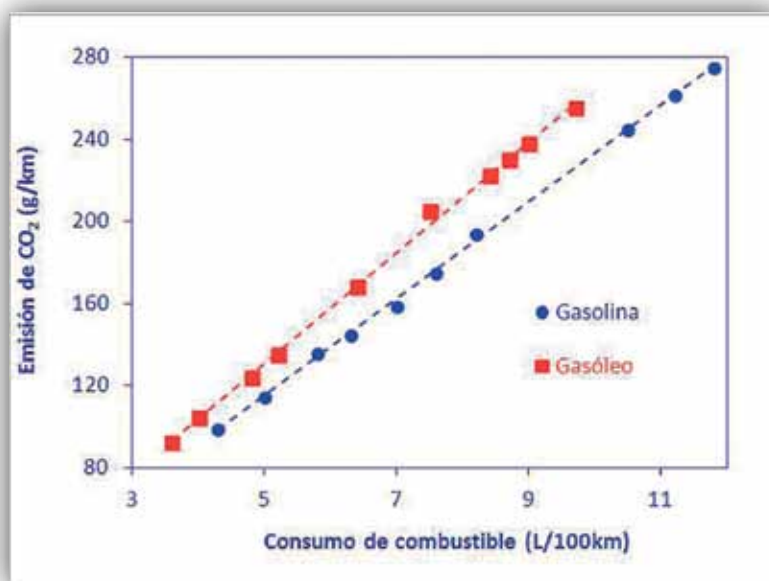
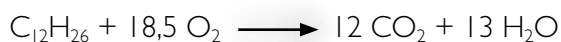


Figura 1. Relación entre emisión de CO<sub>2</sub> y consumo de combustible en automóviles de la marca Nissan, tomada como ejemplo.

Para automóviles de motor diésel se obtiene una mayor pendiente de la recta correspondiente. La densidad del gasóleo es del orden de 0,85 kg/L y la masa molecular de los dodecanos (de forma muy simplificada se puede tomar como composición típica distintos isómeros de este alcano, C<sub>12</sub>H<sub>26</sub>) es 170,0 kg/mol. Esto se corresponde, según lo explicado en el ejemplo anterior de la gasolina, a:



$$\begin{aligned} \text{Emisión CO}_2 &= 0,85 \frac{\text{kg}}{\text{L dodecano}} \cdot \frac{1 \text{ kmol dodecano}}{170,0 \text{ kg}} \cdot \frac{12 \text{ kmol CO}_2}{\text{kmol dodecano}} \cdot \frac{44,0 \text{ kg}}{\text{kmol CO}_2} \cdot 10^3 \frac{\text{g CO}_2}{\text{kg}} \\ &= 2,64 \cdot 10^3 \text{ g CO}_2/\text{L dodecano} \end{aligned}$$

También es próximo al valor de la pendiente de la recta correspondiente a automóviles diésel (Figura 1), con la consideración de dividirlo por 100, según se ha explicado.

Se aprecia cómo modelos sencillos, por ejemplo, basados en suponer la composición del combustible por un único tipo de compuesto, asumen bien la interpretación cuantitativa de fenómenos. Se observa que los niveles de CO<sub>2</sub> emitidos son mayores en los automóviles diésel a igual consumo de volumen de

combustible. No obstante, estos automóviles, en gamas análogas, consumen menos volumen de combustible que los de gasolina para una misma distancia recorrida; por ello, se puede concluir que emiten más  $\text{CO}_2$  estos últimos.

Los alumnos pueden calcular emisiones típicas de  $\text{CO}_2$  por automóviles (en un viaje, mensualmente, etc.) en función del consumo de combustible. Aparte de trabajar aspectos como estequiometría, diferencias entre gasolina y gasóleo, densidad de líquidos y representaciones gráficas,<sup>10</sup> este problema puede servir para introducir cuestiones como el efecto invernadero, cambio climático y desarrollo de motores híbridos (impulsados por gasolina y electricidad), entre otras.

### 3. CASO 2: TERMOQUÍMICA DE LAS CALDERAS DOMÉSTICAS DE CONDENSACIÓN

El conocido como *Plan Renove* de calderas individuales es una de las actuaciones del *Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España*,<sup>11</sup> por el que se promueve el uso de las denominadas «calderas de condensación» en sustitución de las «calderas convencionales». Existen anuncios al respecto en distintos medios de comunicación, tanto por organismos oficiales como por las compañías de instalación de calderas. Así, la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid editó un cómic muy pedagógico para mostrar al público general las ventajas de instalar este tipo de calderas frente a las convencionales.<sup>12</sup> La cuestión principal es que, en el caso de las calderas de condensación el agua obtenida por la combustión está en estado líquido, mientras que, en las convencionales se obtiene en estado gas. Considerando el uso de calderas que emplean gas natural como combustible, se pide a los alumnos:

- a.- Buscando en fuentes adecuadas (que se deben referir convenientemente), recoger en una tabla una composición típica del gas natural, expresada en porcentaje en volumen y en fracción molar; incluyendo las fórmulas de las sustancias.
- b.- Recoger en otra tabla la composición (expresada en fracción molar y en porcentaje en peso) de un gas natural «tipo», para continuar el ejercicio, considerando solo los dos hidrocarburos mayoritarios indicados en el apartado anterior.
- c.- Consultando fuentes adecuadas, elaborar una tabla donde se recojan los datos de  $\Delta_f H^\circ$  (en kJ/mol) de los dos gases del apartado anterior y de las siguientes sustancias:  $\text{CO}_2(\text{g})$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  y  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ .
- d.- Considerando los datos de los dos apartados anteriores, calcular la variación de entalpía de combustión (en kJ/mol) del gas natural, a  $25^\circ\text{C}$ , suponiendo que el agua se obtiene como gas.
- e.- Repetir el cálculo del apartado anterior; suponiendo que el agua se obtiene líquida.
- f.- Con los datos de los dos apartados anteriores, determinar la cantidad de gas natural (en mol) que habría que utilizar, en una caldera de condensación, por cada mol de gas natural que se emplearía en el otro tipo de caldera, para obtener la misma energía. Comentar las implicaciones económicas y sociales asociadas a este resultado.
- g.- Razonar si el agua obtenida en la caldera de condensación es ácida o básica.

<sup>10</sup> OLIVER-HOYO, M.T., PINTO, G. (2008). Using the relationship between vehicle fuel consumption and  $\text{CO}_2$  emissions to illustrate chemical principles. *Journal of Chemical Education*, 85, 218-220.

<sup>11</sup> IDAE, INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (2011), *Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020*. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://bit.ly/1uV9Dzp>

<sup>12</sup> FUNDACIÓN DE LA ENERGÍA (2009), *Condensación para ti, futuro para tus hijos*. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://bit.ly/RHLb5p>



- h.- Consultando una factura de gas natural, indicar la conversión de volumen ( $\text{m}^3$ ) de gas y energía (kWh) que se indica en la misma.
- i.- Con el valor del apartado anterior, determinar (explicando detalladamente los cambios de unidades) la energía (en kJ/mol) que puede producir cada mol de gas natural en su combustión.
- j.- Comparar la energía del apartado anterior con las calculadas en los apartados d y e.
- k.- Calcular la masa de dióxido de carbono (en kg) que se habrá desprendido por el consumo de gas indicado en la factura (normalmente se incluyen dos meses), tomando como ejemplo, de nuevo, el gas «tipo» del apartado b.
- l.- Detallar las aproximaciones realizadas en el trabajo.
- m.- Comentar cualquier aspecto que se considere de interés (datos adicionales, sostenibilidad, medio ambiente, subvención de las calderas de condensación, diseño de anuncios...).

Con estas preguntas, además de intentar promover la adquisición de competencias transversales en los alumnos, según se señaló en apartados anteriores, se pretende que aprendan y practiquen diversos aspectos como: expresión de concentraciones, variación de entalpía, combustión, composición del gas natural, cambio de estado, estequiometría y efecto invernadero, entre otros. La solución detallada de los distintos apartados, así como un estudio sobre las respuestas aportadas por los alumnos se recogieron en una reciente publicación.<sup>13</sup>

#### 4. CASO 3: COMPOSICIÓN DE DENTÍFRICOS

El profesor facilita a los estudiantes la composición de una serie de pastas dentífricas de las que se pueden adquirir en farmacias, parafarmacias, droguerías o grandes almacenes. También puede ser obtenida la composición por los propios alumnos, observando el etiquetado de dentífricos o indagando en fuentes de información adecuadas (por ejemplo, la dirección Web de algún fabricante).<sup>14</sup> Como trabajo para discutir en un seminario o en una clase práctica, tienen que hacer un estudio sobre esa composición, teniendo en cuenta que se encuentran componentes muy variados. Por citar algunos, se emplean componentes para fortalecer los dientes, para la limpieza del sarro (abrasivos), blanqueadores, amortiguadores del pH, edulcorantes, con un cierto efecto anestésico, tensoactivos, etc.

Algunas preguntas y cuestiones que se plantean a los alumnos para que discutan son: (a) ¿Cuáles son los componentes activos?; (b) ¿Qué finalidad tiene cada componente?; (c) Componentes que son equivalentes en las distintas marcas de pastas; (d) Inconvenientes que pueden tener esos componentes; y (e) Significado de cada una de las formas de expresar la concentración de los componentes activos.

Algunos ejemplos de sustancias que intervienen en la composición de dentífricos son: laurilsulfato de sodio (es una sustancia detergente que actúa como agente limpiador, debilitando los depósitos en la superficie de los dientes); flúor (como fluoruro, es el responsable de la prevención de la caries dental, dado que ayuda a la remineralización del diente); pirofosfatos (tienen como función la prevención del sarro); triclosán y otros agentes antibacterianos (que pueden presentar problemas secundarios); nitrato de potasio, citrato de potasio y cloruro de estroncio (son sales que confieren una acción anestésica, por lo que se incorporan a los dentífricos que indican acción para «dientes sensibles»); y sílice, óxido

<sup>13</sup> PINTO, G. (2013). Termoquímica de las calderas domésticas de condensación: un caso de aprendizaje contextualizado por indagación dirigida. *Educació Química*, 14, 29-38.

<sup>14</sup> Dental Health Foundation Ireland, *Oral health, the facts*. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://www.dentalhealth.ie/dentalhealth/>

de aluminio, carbonato o fosfato de calcio, y bicarbonato de sodio y dióxido de titanio (facilitan el blanqueamiento dental).

Aparte de estudios genéricos sobre los dentífricos, también se puede profundizar sobre el conocimiento de algún aspecto peculiar. Por ejemplo, en un trabajo previo se mostró cómo, a través de la información dada por los fabricantes en envases de dentífricos y en Internet, se trabaja sobre: compuestos empleados en esos productos y en el agua potable para el cuidado dental, cálculos estequiométricos, formulación química, resonancia, aproximaciones numéricas, cálculo de órdenes de enlace, y determinación de números de oxidación y de cargas formales.<sup>15</sup> En concreto, un problema que se ha trabajado con los alumnos es el que se propone en el siguiente párrafo.

A partir de la información aportada en tubos de dentífricos (o en Internet), se pide: (a) indicar el nombre y la fórmula de la sal que aporta fluoruro; (b) señalar la importancia del fluoruro en el cuidado dental; (c) explicar qué significa «ppm F», según se indica en casi todos los dentífricos; (d) calcular el valor de ppm F, que se deduce de la cantidad de sal indicada en «ingredientes», y compararla con la señalada; y (e) incluir información sobre sales y su equivalente en ppm F de otros dentífricos, comparando los datos aportados por los fabricantes con los que se deducen por cálculos estequiométricos.

Las dos sustancias más típicas que aportan flúor son el fluoruro de sodio (NaF) y el monofluorofosfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$ ), cuyas masas moleculares son 41,99 g/mol y 143,95 g/mol, respectivamente. Para resolver el problema, los alumnos deben desarrollar cálculos como el siguiente:

$$\frac{0,315 \text{ gNaF}}{100 \text{ g dentífrico} \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{g}}} \cdot \frac{1 \text{ mol NaF}}{41,99 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ mol F}}{1 \text{ mol NaF}} \cdot \frac{19,00 \text{ g}}{\text{mol F}} \cdot \frac{10^3 \text{ mg}}{\text{g}} = 1425 \text{ mgF/kg dentífrico}$$

En este ejemplo, el fabricante (Sensodyne) indica que el dentífrico tiene 0,315% p/p de fluoruro de sodio, equivalente a 1450 ppm de flúor; deduciéndose un 1,7% menos de contenido en flúor que el indicado en la etiqueta. Aunque esta diferencia no es relevante, sí es interesante para que los alumnos trabajen sobre el resultado obtenido.

## 5. CASO 4: COMPOSICIÓN DE AGUAS MINERALES

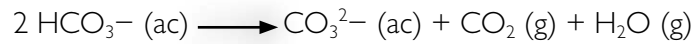
Con este ejemplo se pretende discutir con los alumnos sobre composición de aguas minerales, análisis químico, descomposición térmica de bicarbonatos, conservación de la masa y empleo de cifras significativas,<sup>16</sup> entre otros aspectos. Observando la información suministrada en la etiqueta de una botella (o en Internet) sobre la composición química de un agua mineral, se les sugiere que determinen si el valor de residuo seco (o sólidos totales disueltos) está de acuerdo con la composición química indicada. Además, se les indica que tienen que calcular la cantidad total de cargas positivas y negativas, discutiendo el resultado.

A lo largo de la resolución del problema se tiene que considerar que el anión bicarbonato se descompone en dióxido de carbono y anión carbonato a temperatura elevada. La composición típica de un agua mineral se muestra en la *Tabla 1*. Considerando las masas atómicas, se obtiene la composición, en mmol/L, que se muestra en la citada tabla. Una aparente paradoja que surge entre los alumnos es que la masa

<sup>15</sup> PINTO, G. (2009). Fluorine compounds and dental health: applications of general chemistry topics, *Journal of Chemical Education*, 86, 185-187.

<sup>16</sup> PINTO, G., OLIVER-HOYO, M.T. (2008). What is in your bottled water?, look at the label! *The Chemical Educator*, 13, 341-343.

total de componentes en disolución (en este caso, 275,03 mg/L) no coincide con el residuo seco (en el caso seleccionado, 175 mg/L). Hay que tener en cuenta que cuando el agua se calienta a 180 °C (para medir el residuo seco), se produce el proceso:



Esta reacción supone una pérdida (por cada mmol de  $\text{HCO}_3^-$ ) de 9,01 mg de vapor de agua y 22,01 mg de  $\text{CO}_2$  (g). De esta forma, el residuo seco debería ser, tomado como suma de iones y sílice menos el gas perdido durante el análisis químico:  $275,03 \text{ mg/L} - 96,10 \text{ mg/L} = 178,93 \text{ mg/L}$ . Este valor es mucho más ajustado al ofrecido por el fabricante, con una pequeña diferencia (de solo unos 4 mg/L, es decir, del 2,3%), probablemente debida a la presencia de sustancias minoritarias. Por otra parte, la suma total de cargas negativas resulta 3,32 mmol/L y la suma total de cargas positivas es 3,76 mmol/L. La disolución debe ser eléctricamente neutra, pero hay un exceso de cargas positivas debido probablemente a otros componentes minoritarios y a la incertidumbre de las medidas analíticas. De hecho, el fabricante ofrece los datos del contenido con diferente precisión según el componente.

Componente*	Fórmula	Contenido (mg/L)*	Contenido (mmol/L)	Carga (mmol/L)
Ion calcio	$\text{Ca}^{2+}$	68,00	1,697	3,394
Ion magnesio	$\text{Mg}^{2+}$	3,30	0,136	0,272
Ion estroncio	$\text{Sr}^{2+}$	<0,03	<0,00034	<0,0007
Ion sodio	$\text{Na}^+$	1,9	0,083	0,083
Ion potasio	$\text{K}^+$	0,30	0,008	0,008
Ion bicarbonato	$\text{HCO}_3^-$	189,00	3,098	3,098
Ion cloruro	$\text{Cl}^-$	5,30	0,150	0,150
Ion fluoruro	$\text{F}^-$	0,10	0,005	0,005
Ion sulfato	$\text{SO}_4^{2-}$	2,60	0,027	0,054
Ion nitrato	$\text{NO}_3^-$	1,00	0,016	0,016
Ion nitrito	$\text{NO}_2^-$	<0,002	<0,00004	<0,00004
Sílice	$\text{SiO}_2$	3,50	0,058	
Residuo seco a 180 °C	-	175		-

\* Datos suministrados por el fabricante en la etiqueta. Se han incluido las cifras significativas que figuran en dicho etiquetado.

Tabla 1. Composición química según la etiqueta de una botella de agua mineral de la marca Castellina (Italia) y cálculo del contenido en mmol/L y de las cargas.

Ejemplos de este tipo pueden servir para introducir también otros aspectos de interés, como dureza y tratamiento de aguas, caracterización de bebidas, y redondeo de cálculos, entre otros. La actividad puede completarse midiendo en el laboratorio algunas de las concentraciones de iones o el residuo seco, para comparar con los valores aportados al respecto por el fabricante.

## 6. CONCLUSIONES

En los ejemplos expuestos los alumnos trabajan con datos diferentes pero las conclusiones deben ser análogas. Como se ha indicado, estas actividades sirven para comprobar si los alumnos tienen concepciones alternativas o errores conceptuales y otros aspectos del proceso de aprendizaje. Así, se observa cierta dificultad para que encuentren la información adecuada para resolver los problemas. En preguntas de carácter más abierto se observa una tendencia a copiar información (especialmente de Internet, y casi nunca de libros o artículos) sin conocer en muchos casos el significado de lo indicado. También hay en los resultados razonamientos bastante adecuados que permiten observar que muchos alumnos están interesados por lo que aprenden y que tienen inquietudes científicas. Se aprecia que, con metodologías de carácter más investigativo e inductivo, los alumnos son capaces de movilizar conocimientos y habilidades difíciles de apreciar en planteamientos docentes más transmisivos. Por otra parte, la comparación entre valores calculados y experimentales (aportados por los fabricantes) les ayuda a comprender el sentido cuantitativo de la ciencia.

En la discusión de estos temas en el aula surgen otros aspectos de interés, incluso a veces no previstos por el profesor; lo que es especialmente enriquecedor. Cabe destacar también el elevado potencial de este tipo de actividades en cuanto a la dinamización de la actividad tutorial, ya que la elevada interacción entre profesor y alumnos que exigen repercute de modo muy favorable en el resto de la asignatura.

Proponemos la puesta en práctica de este tipo de actividades contextualizadas, entre otros aspectos, porque los alumnos afrontan así problemas reales con múltiples soluciones. El mejor resultado es la satisfacción que muestran algunos de ellos por poder investigar sobre materiales habituales, que permiten acercarlos a la utilidad de lo abordado en la asignatura.

La experiencia de los autores con estas actividades y con otras de naturaleza análoga les permite sugerirlas para ser llevadas a la práctica docente de la física y la química, tanto de nivel universitario como de Bachillerato, e incluso de la ESO, incorporando así algunos aspectos que plantean las tendencias de innovación educativa actuales. Por ejemplo, pueden emplearse en la novedosa metodología conocida como *flipped classroom* o *flip teaching*, traducida en español como «clase inversa» o «aula invertida», donde los alumnos trabajan en clase principalmente casos y problemas (análogos de alguna manera a los tradicionales «deberes y tareas»), mientras que siguen en casa, mediante recursos informáticos, las explicaciones del profesor. Dicha metodología exige un replanteamiento profundo de las actividades educativas.<sup>17</sup>

Desde el Grupo de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física, en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid, se ha desarrollado un sitio Web<sup>18</sup> donde se recoge información, tanto de estos trabajos, como de los de otros colegas que han colaborado en la elaboración de publicaciones enfocadas a la enseñanza contextualizada de estas dos ciencias.

**Agradecimiento:** Se agradece la ayuda recibida por la Universidad Politécnica de Madrid, a través del proyecto de innovación educativa PT14\_15-03002.

<sup>17</sup> HERREID, C. F., SCHILLER, N. A. (2013). Case studies and flipped classroom. *Journal of College Science Teaching*, 42(5), 62-66.

<sup>18</sup> *Didáctica de la química y vida cotidiana*. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://quim.iqi.etsii.upm.es/vidacotidiana/Inicio.htm>



# «DEL DARIÉN AL IES ROSA CHACEL» LA EXPOSICIÓN COMO RECURSO DIDÁCTICO

David Rosa Novalbos

*Comisario de la exposición Biodiversidad - Profesor de Biología y Geología  
IES Rosa Chacel. c/ Huertas, 68. 28770 Colmenar Viejo (Madrid)  
darosanov@gmail.com*

**Palabras clave:** Biodiversidad, exposición científica, trabajo colaborativo, recursos didácticos, actividad y creatividad del alumnado.

**Keywords:** Biodiversity, scientific exhibition, collaborative work, didactic resources, student's tasks and creativity.

## Resumen

La creación de una exposición científica en el centro escolar adquiere un carácter innovador y una mayor utilidad didáctica mediante un enfoque activo y creativo del alumnado y por medio de un trabajo colaborativo entre profesores y grupos de alumnos de diferentes edades. La experiencia realizada en el IES Rosa Chacel a partir del préstamo de unos trabajos de la Ruta Quetzal-BBVA 2013 puede servir de ejemplo de las potencialidades científicas y didácticas en torno al diseño, creación y aprovechamiento de una exposición de ciencias en el propio centro educativo.

## Abstract

The setting up and running of a scientific exhibition within school premises is something innovating and, at the same time, it becomes a more powerful didactic resource through the active and creative role of a wide range of students and through teachers-students' collaborative work. Starting from having borrowed some projects of Ruta Quetzal-BBVA 2013, this experience carried out in Rosa Chacel High School can be taken as example for future scientific and teaching research regarding the design in order to make the most of it in this educational background.

## INTRODUCCIÓN

La comunicación trataba de mostrar el conjunto de recursos didácticos generados mediante un trabajo colaborativo de profesores y grupos de alumnos en torno al diseño, creación y aprovechamiento de una exposición de ciencias en el centro educativo IES Rosa Chacel (Colmenar Viejo).

La creación de una exposición científica adquiere un carácter innovador y mayor utilidad didáctica a través de un enfoque activo y creativo del alumnado porque delega en ellos parcelas de decisión que les permite tener cierto control sobre la actividad que están realizando y les potencia competencias básicas como la toma de decisiones, su autonomía, creatividad, trabajo en equipo, etc.

El ofrecimiento que se le hizo al IES Rosa Chacel por la Organización Ruta Quetzal-BBVA fue el préstamo de trabajos sobre «La biodiversidad de la selva del Darién (Panamá)». Lo aceptamos, pero: «¿Qué hacer con los trabajos prestados?».

Nuestra decisión fue realizar una exposición sobre *Biodiversidad* (Imagen 1) y su objetivo era extraer de ella el máximo beneficio científico y didáctico para nuestros alumnos, profesores y para toda la población de Colmenar Viejo (Madrid).



Imagen 1. Cartel anunciador de la exposición *Biodiversidad*.

El problema inicial para los alumnos fue enunciado de la siguiente manera: Somos los responsables de crear una exposición sobre *Biodiversidad* aprovechando el préstamo de trabajos de la Ruta Quetzal-BBVA 2013 de «La biodiversidad de la selva del Darién (Panamá)». ¿Cómo crearla con utilidad educativa?

## METODOLOGÍA

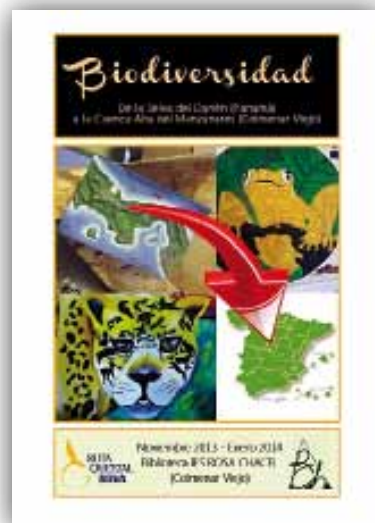
Se partía del préstamo de los trabajos de la Ruta Quetzal-BBVA, pero el resto estaba por diseñar y crear por medio de un trabajo colaborativo de profesores que investigarían con sus grupos de alumnos aquellos aspectos sobre la biodiversidad que se adaptasen a su currículo. La idea era investigar el concepto de «biodiversidad» desde cada nivel educativo para crear elementos nuevos que también serían expuestos en la exposición o en los recursos digitales de difusión y publicidad (blogs, revista digital del IES, *padlet* final, etc.). Un resumen del conjunto de recursos didácticos generados es el siguiente:

- Diseño y distribución de las secciones de la exposición «Nuestra Biodiversidad», «Biodiversidad de la Selva del Darién (Panamá)», «Protección de la Biodiversidad», «Biodiversidad Extinguida» y «Biodiversidad Futura».
- Salida de campo para la investigación de nuestra biodiversidad.
- Creación de presentaciones digitales de complemento para cada sección.
- Creación y selección de otros elementos nuevos para exponer (especies futuras, paneles, muestras de especies, maquetas, murales, etc.).
- Creación de recursos para el aprovechamiento didáctico de la visita a la exposición como el díptico (*Imagen 2*), cuestionario, etc.



*Imagen 2.* Díptico con información de interés.

- Publicidad por medio de carteles (*Imagen 1*), díptico (*Imágenes 2 y 3*), revista del instituto en formato papel y en formato digital, blogs, etc.



*Imagen 3.* Portada del díptico.



- Actos relacionados como la inauguración de la exposición, visitas de personas externas al IES, jornada de puertas abiertas del IES, etc.

A continuación, se muestra la tabla del conjunto de actividades realizadas y recursos didácticos generados, con sus implicados, fechas y observaciones (*Tabla 1*):

«Del Darién al IES Rosa Chacel» La exposición como recurso didáctico		
Observaciones	Implicados y fechas	Actividad
<b>Antecedentes: Exposición <i>Celestino Mutis</i>.</b> Préstamo de trabajos presentados al Concurso Ruta Quetzal-BBVA 2012 sobre este gran científico.	TODO EL CENTRO Octubre 2012- Febrero 2013	Un contacto nos permitió disponer de estos trabajos para utilizarlos de la manera que creyésemos más conveniente.
<b>Entradas de blog de la exposición temporal <i>Celestino Mutis</i>:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruta Quetzal en el IES Rosa Chacel: <a href="http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/dpto-biolo/?p=1660">http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/dpto-biolo/?p=1660</a></li> <li>• Inauguración oficial de la exposición <i>Celestino Mutis</i>: <a href="http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/dpto-biolo/?p=1670">http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/dpto-biolo/?p=1670</a></li> <li>• Inauguración y apertura de la exposición <i>Celestino Mutis</i>: <a href="http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/dpto-biolo/?p=1686">http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/dpto-biolo/?p=1686</a></li> </ul>		
Préstamo de trabajos presentados al Concurso Ruta Quetzal-BBVA 2013 sobre «La biodiversidad de la Selva del Darién (Panamá)». Problema: ¿Qué hacer con los trabajos?	Departamento Bio-Geo y Equipo Directivo Octubre 2013	Un contacto nos permitió disponer de estos trabajos para utilizarlos de la manera que creyésemos más conveniente.
Problema: Somos los responsables de la creación de una exposición-temporal en el IES Rosa Chacel sobre la <i>Biodiversidad</i> , aprovechando el préstamo que nos han hecho de trabajos de la Ruta Quetzal-BBVA 2013 sobre la «Biodiversidad de la Selva del Darién (Panamá)». ¿Cómo podemos sacar el máximo partido a estos trabajos?	1.º Bio-Geo Bach., Departamento Bio-Geo y Equipo Directivo Octubre 2013	Decisión de implicar al mayor número de grupos de alumnos y profesores para la creación de la exposición y su aprovechamiento didáctico y científico.
<b>Toma de decisiones:</b> Responsables, temática y sus secciones, destinatarios, espacios, recursos económicos, distribución de tareas, tiempos, etc.	Departamento Bio-Geo y Equipo Directivo Octubre 2013	La distribución de tareas y su coordinación y el trabajo en equipo son esenciales para la resolución de problemas complejos que impliquen a un gran número de personas.
<b>Creación de nuevas especies</b> para la sección «Biodiversidad Futura».	1.º ESO- CCNN Noviembre 2013	Programa Switch Zoo. Participación y aprovechamiento didáctico de la exposición.
<b>Investigación de especies</b> (en peligro, de reciente extinción y de reciente descubrimiento) para la sección de «Nuestra Biodiversidad».	1.º ESO- CCNN Noviembre 2013	Participación y aprovechamiento didáctico de la exposición.
<b>Investigación de especies extinguidas</b> para la sección «Biodiversidad Extinguida».	1.º Bio-Geo Bach. Noviembre 2013	Participación y aprovechamiento didáctico de la exposición.
Salida de campo: «Ruta ecológica por Colmenar Viejo» para la información de secciones: «Nuestra Biodiversidad» y «Protección de la Biodiversidad». Blog: <a href="http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/david/?p=470">http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/david/?p=470</a>	1.º Bio-Geo Bach. 18/11/2013	Conocer mejor su entorno y participación en la exposición.

«Del Darién al IES Rosa Chacel» La exposición como recurso didáctico		
Observaciones	Implicados y fechas	Actividad
Investigación de especies de nuestra zona para la sección «Nuestra Biodiversidad».	1.º Bio-Geo Bach. Noviembre 2013	Participación y aprovechamiento didáctico de la exposición.
Investigación de las medidas de protección de la biodiversidad para la sección «Protección de la Biodiversidad».	1.º Bio-Geo Bach. Noviembre 2013	Participación y aprovechamiento didáctico de la exposición.
Creación de la presentación digital definitiva: «Biodiversidad».	1.º C.M.C. Bach. Diciembre 2013	Gmail-compartido. Participación y aprovechamiento didáctico de la exposición.
Creación de las presentaciones digitales: «Posibles causas de extinciones de especies» y «Grandes Extinciones».	1.º Bio-Geo Bach. Diciembre 2013- Enero 2014	Gmail-compartido. Participación y aprovechamiento didáctico de la exposición.
Creación y montaje de la Exposición Biodiversidad: <a href="http://www.flickr.com/photos/106450203@N05/sets/72157637756855586/">http://www.flickr.com/photos/106450203@N05/sets/72157637756855586/</a>	1.º y 2.º ESO, 1.º Bach., Voluntarios y Departamento Bio- Geo Noviembre 2013	Creación de un conjunto de recursos didácticos a partir del préstamo de unos trabajos con temática científica. Dicha creación ha sido en sí misma un conjunto de recursos didácticos de gran interés para las asignaturas implicadas.
Creación de documentos de interés publicitario y didáctico: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartel anunciador.</li> <li>• Díptico explicativo.</li> <li>• Cuestionario de preguntas.</li> <li>• Entradas de blog.</li> </ul>	Departamento Bio- Geo Noviembre 2013	Un mayor aprovechamiento didáctico del esfuerzo invertido en la creación de la exposición y sus recursos digitales se puede conseguir con la creación de otros documentos (explicativos, de investigación y publicitarios).
Inauguración de la exposición por Jesús Luna, Jefe de Campamento de Ruta Quetzal-BBVA. Blog: <a href="http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/david/?p=465">http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/david/?p=465</a>	TODO EL CENTRO 27/11/2013	Acto institucional de interés para el IES y motivación para intentar la participación de nuestros alumnos en el Concurso Ruta Quetzal-BBVA.
Publicidad de la exposición y los actos relacionados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inauguración de la exposición.</li> <li>• Distribución de Cartel anunciador de la exposición, Díptico y Revista del IES</li> <li>• Publicación en redes sociales.</li> <li>• Entradas de blog.</li> </ul>	TODO EL CENTRO Noviembre 2013- Enero 2014	Un mayor aprovechamiento didáctico se puede conseguir con la visita de otras personas que no sean del IES (familiares de alumnos, otros adultos, otros adolescentes y otros grupos de personas como los rutereros de otras ediciones y sus familiares o los que se quieran presentar al concurso).
Entradas de blog de la exposición temporal Biodiversidad: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición Biodiversidad: <a href="http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/dpto-biolo/?p=1946">http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/dpto-biolo/?p=1946</a></li> <li>• Presentación Ruta BBVA 2014 e inauguración exposición Biodiversidad: <a href="http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/dpto-biolo/?p=1948">http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/dpto-biolo/?p=1948</a></li> <li>• Calendario de apertura de la exposición por las tardes (16:30–18:30 h): <a href="http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/dpto-biolo/?p=1952">http://ies.rosachacel.colmenarviejo.educa.madrid.org/dpto-biolo/?p=1952</a></li> </ul>		
Guías de la exposición Biodiversidad por las tardes (16:30–18:30 h). Práctica de Bio-Geo y realización de «horas C.A.S.» de alumnos del BI.	1.º Bio-Geo Bach. y BI- SAS Diciembre 2013- Enero 2014	Aprovechamiento didáctico de la exposición.

«Del Darién al IES Rosa Chacel» La exposición como recurso didáctico		
Observaciones	Implicados y fechas	Actividad
<b>Visita de la exposición de todos los alumnos del IES con tareas para su aprovechamiento:</b> <a href="http://www.flickr.com/photos/106450203@N05/sets/72157640100773976/">http://www.flickr.com/photos/106450203@N05/sets/72157640100773976/</a>	Todos los grupos y cursos Diciembre 2013- Marzo 2014	Aprovechamiento didáctico de la exposición de cada grupo con su profesor de Bio-Geo o con su tutor.
<b>Creación de nuevas especies</b> para la sección «Biodiversidad Futura».	1.º BI y CMC- Bach. Febrero-Marzo 2014	Programa Spore. Participación y aprovechamiento didáctico de la exposición.
<b>Propuesta y aceptación de una ponencia para presentar toda la actuación didáctica al III Congreso de Docentes de Ciencias.</b>	Departamento Bio-Geo y Equipo Directivo Enero 2014	La evaluación positiva del trabajo realizado en equipo lleva a plantearse la necesidad de difundir el conjunto de ideas que engloba toda la actuación.
<b>Visita de la exposición del público en general.</b>	Diciembre 2013- Marzo 2014	Principalmente padres y familiares de los alumnos del IES, tanto en horario lectivo como por la tarde.
<b>Creación de maquetas de Biomasa:</b> <a href="http://www.flickr.com/photos/106450203@N05/sets/72157642914379803/">http://www.flickr.com/photos/106450203@N05/sets/72157642914379803/</a>	2.º ESO-CCNN Febrero-Marzo 2014	Investigar y comprender el concepto de Bioma y relacionarlo con la biodiversidad de ecosistemas.
<b>Disfraces de «Biodiversidad de especies» del Carnaval 2014</b> como una de las temáticas propuestas: <a href="http://www.flickr.com/photos/106450203@N05/sets/72157642920063243/">http://www.flickr.com/photos/106450203@N05/sets/72157642920063243/</a>	TODO EL CENTRO 27/02/2014	Acto de interés cultural y educativo de importancia en la localidad de Colmenar Viejo (Madrid).
<b>Visita de la exposición de padres de alumnos de 6º de Primaria</b> en la «Jornada de puertas abiertas del IES Rosa Chacel».	5 de Marzo de 2014	Aprovechamiento de la exposición para publicitar en las familias el tipo de actividades que se realizan en el instituto.
<b>Creación de vídeo de exposición:</b> <a href="http://www.youtube.com/watch?v=mmRPKfy__arc&amp;feature=youtu.be">http://www.youtube.com/watch?v=mmRPKfy__arc&amp;feature=youtu.be</a>	1.º CMC Bach. Marzo 2014	Publicarlo en medios digitales y presentarlo al III Congreso de Docentes de Ciencias.
<b>Creación de padlets de «Biodiversidad de Ecosistemas»:</b> <a href="http://es.padlet.com/wall/padletsdeecosistemas">http://es.padlet.com/wall/padletsdeecosistemas</a> <a href="http://es.padlet.com/wall/vlztpkikun">http://es.padlet.com/wall/vlztpkikun</a>	2.º ESO-CCNN Marzo 2014	Recurso digital «padlet» para investigar ecosistemas e integrarlos en un mapa mundial que permita reconocer y valorar la biodiversidad de ecosistemas.
<b>Creación del recurso padlet «Exposición Biodiversidad en el IES Rosa Chacel»:</b> <a href="http://es.padlet.com/wall/rosachacelexpobiodiv">http://es.padlet.com/wall/rosachacelexpobiodiv</a>	Departamento Bio-Geo Enero-Abril 2014	Recurso digital «padlet». Actuaciones realizadas en un formato digital llamativo para su difusión y publicidad en Internet.
<b>Publicación en la Revista Digital Vox Populi</b> del IES Rosa Chacel de la presentación realizada en el III Congreso de Docentes de Ciencias: <a href="http://iesrosachacel.net/vox_populi_digital/XXV/paginas/29.php">http://iesrosachacel.net/vox_populi_digital/XXV/paginas/29.php</a>	Equipo Directivo Abril 2014	Difusión a la comunidad educativa de ciencias del conjunto de actuaciones realizadas en equipo, con ilusión y creatividad, en el IES Rosa Chacel.

Tabla 1. Conjunto de actividades realizadas y recursos didácticos generados para la exposición *Biodiversidad*.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos con la creación y aprovechamiento científico y didáctico de esta exposición han sido múltiples y variados para el objetivo de esta comunicación. La evaluación del tratamiento cualitativo de los resultados obtenidos, en los diferentes niveles de actuación en los que ha intervenido la exposición, permite destacar:

- **A nivel de los alumnos.** Todos los alumnos del IES han visitado la exposición con sus profesores de ciencias o con sus tutores; pero además muchos de los alumnos, en los diferentes cursos-niveles con sus profesores de ciencias, han participado con sus creaciones en la exposición. Las producciones de los alumnos han sido muy variadas, unas más interesantes y creativas que otras, pero todas se han utilizado para evaluarles de los contenidos relacionados con la exposición.
- **A nivel de los profesores.** Todos los profesores del IES han tenido en la exposición un recurso para llevar a sus alumnos. Además, los profesores de ciencias han tenido en la exposición una fuente de inspiración para diseñar recursos con los que trabajar los contenidos científicos relacionados con la «biodiversidad». Las creaciones de sus alumnos han servido para evaluarles y para complementar la exposición.
- **A nivel del centro educativo.** Ha sido un recurso científico y educativo que ha movilizó a todo el IES Rosa Chacel mediante un trabajo colaborativo. Además, le ha puesto en contacto con su entorno social más cercano de la localidad de Colmenar Viejo por medio de la visita de familiares de los alumnos, público en general, alumnos de 6.º de Primaria y padres de estos futuros alumnos de 1.º ESO en las «Jornadas de puertas abiertas», etc. También la difusión de la experiencia le ha puesto en contacto con el resto del mundo por medio de la publicidad a través de Internet (blogs, revista digital del IES, etc.) y su difusión a la comunidad educativa en este III Congreso de Docentes de Ciencias.

Un conjunto de los resultados se puede observar en el siguiente padlet (*Imágenes 4 y 5*), como producto digital final que engloba el conjunto de actuaciones realizadas:



Imágenes 4 y 5. Padlet de actuaciones: <http://es.padlet.com/wall/rosachacelexpobiodiv>

## CONCLUSIONES

La exposición *Biodiversidad* ha servido de hilo conductor para la creación y aprovechamiento de un conjunto de recursos didácticos mediante un trabajo colaborativo de profesores y grupos de alumnos en el centro educativo IES Rosa Chacel (Colmenar Viejo).

Además, gracias a ello, la exposición, su diseño, creación y aprovechamiento didáctico, se ha constituido en sí misma en un gran recurso didáctico. Por tanto, se debe trascender la idea de «simple exposición de elementos ya creados» y pasar a crear nuevos elementos de exposición con los diferentes grupos de alumnos para complementar y enriquecer lo allí expuesto.

La creación de una exposición científica adquiere así un carácter innovador y una mayor utilidad didáctica a través de este enfoque más activo y creativo del alumnado, porque delega en ellos parcelas de decisión que les permite tener cierto control sobre la actividad que están realizando y les potencia competencias básicas como la toma de decisiones, su autonomía, creatividad, trabajo en equipo, etc.

La experiencia realizada en el IES Rosa Chacel a partir del préstamo de unos trabajos de la Ruta Quetzal-BBVA 2013 es un ejemplo de las potencialidades científicas y didácticas en torno al diseño, creación y aprovechamiento de una exposición de ciencias en el propio centro educativo.

# ECUACIONES QUÍMICAS Y LÍNEAS RECTAS

Mercedes Ruiz Pastrana

*Didáctica de las Ciencias Experimentales*  
*Facultad de Educación, Universidad de Valladolid*  
pastrana@dce.uva.es

Rafael Muñoa Anabitarte

*IES Lizardi Zarauz*  
*Araba kalea 18. 20800 Zarauz*  
rafamunoa2@gmail.com

**Palabras clave:** Coeficientes estequiométricos, línea recta, reactivo limitante, concepciones erróneas, cálculo químico.

**Keywords:** Stoichiometric coefficients, straight line, limiting reactant, misconceptions, chemical calculus.

## Resumen

Las concepciones erróneas sobre las ecuaciones químicas pueden dificultar la comprensión de los procesos químicos y los cálculos consiguientes. En particular, los coeficientes estequiométricos son a veces interpretados de manera incorrecta y ello supone un obstáculo importante. El tratamiento adicional del cálculo químico mediante líneas rectas permite una mejor comprensión de los coeficientes estequiométricos y del razonamiento proporcional implicado en ellos. Dentro de las ventajas de este tratamiento, está la mejora en el tratamiento y determinación de los reactivos limitantes.

## Abstract

Some misconceptions on chemical equations can make harder the deep understanding on chemical processes and chemical calculations. In fact, stoichiometric coefficients are often misinterpreted and, as a consequence, chemical processes are not well understood. Additional treatments of chemical calculus, such as the use of straight lines, can improve the understanding of stoichiometric coefficients and the proportional reasoning involved in them. One of the advantages of this additional treatment could be the treatment and determination of limiting reactants in chemical reactions.

## INTRODUCCIÓN

Los coeficientes estequiométricos son a veces interpretados de manera incorrecta y ello supone un obstáculo importante en la comprensión de los procesos químicos. En el ciclo superior de la ESO y en el Bachillerato hemos detectado dos tipos importantes de concepciones erróneas que afectan a veces a los coeficientes estequiométricos: (a) son a veces identificados como la cantidad de materia (en moles) inicial en el reactor y con las cantidades de producto obtenidos y (b) son interpretados como la cantidad de materia transformada (moles de reactivos consumidos y moles de productos obtenidos).

Estas concepciones erróneas afectan a la comprensión de los procesos y cálculos químicos debido a los siguientes factores: (a) impiden visualizar y pensar de forma adecuada sobre las relaciones cuantitativas de los procesos químicos y (b) hacen que las magnitudes utilizadas en los cálculos químicos se hagan de manera aleatoria, al carecer del correcto significado de tales magnitudes.

## DESARROLLO DEL PROYECTO

Mediante el proyecto pretendemos que los alumnos tengan oportunidades para ir asimilando el concepto de coeficientes estequiométricos como ratios en moles de transformación de reactivos en productos. Para ello utilizaremos la línea recta porque pensamos que es un elemento gráfico que se adecua perfectamente a este fin,<sup>1</sup> debido a que su pendiente se asemeja al significado de ratios de transformación en moles.

Este tratamiento gráfico no pretende sustituir ninguna metodología de tratamiento de reacciones químicas, sino aportar un punto de vista complementario que enriquezca la experiencia del alumnado en esta área. En este caso, el punto de vista complementario sería representacional (gráfico) y conceptual (coeficientes como proporciones de moles que se consumen en lugar de cantidades de ajuste de átomos).

Se puede describir la herramienta (*Figura 1*) de la siguiente forma:

- En los ejes X e Y se representan las cantidades de moles de dos reactivos sobre los que se quiere llevar el análisis de (a) coeficientes estequiométricos y (b) determinación de los reactivos limitante y en exceso. Aunque no es necesario, se pueden añadir también las cantidades de reactivos en gramos si se quiere trabajar sobre el significado de la masa molar.
- Cada punto representa los pares de moles de reactivo añadidos en un reactor para llevar a cabo la reacción química.
- La secuencia de todas las cantidades de moles en relación estequiométrica representan puntos de una recta que pasa por el origen. Los puntos que quedan fuera de la recta son situaciones en las que hay un exceso de uno de los reactivos.
- La recta divide todos los puntos posibles en dos áreas: (a) el área entre la recta y el eje de coordenadas del reactivo A representa todas las situaciones en las que el reactivo A está en exceso y (b) el área entre la recta y el eje de coordenadas del reactivo B representa todas las situaciones en las que el reactivo B está en exceso.

En la *Figura 1* se representa el par de cantidades introducidas en el reactor (2 moles de A y 5 moles de B) y cómo el punto que lo representa está situado en el área de exceso de B, por lo que en este caso el reactivo A sería el reactivo limitante.

---

<sup>1</sup> CLARK, R. C., LYONS, C. (2004). *Graphics for Learning*. San Francisco, Pfeiffer, p. 7.

- La pendiente de la recta estequiométrica representa los coeficientes estequiométricos. En el caso de la *Figura 1*, se pueden establecer las siguientes relaciones (haciendo el coeficiente de valor 1 también explícito):

$$\text{pendiente} = 0,5 \leftrightarrow \frac{\text{moles consumidos (A)}}{\text{moles consumidos (B)}} = \frac{1}{2} \leftrightarrow$$

↔ proporción de 2 moles de B consumidos por cada mol de A ↔

↔ Ecuación:  $1A + 2B \rightarrow \dots$

Ecuación 1. Conjunto de relaciones y significados que aparecen junto con el valor de la pendiente de la recta.

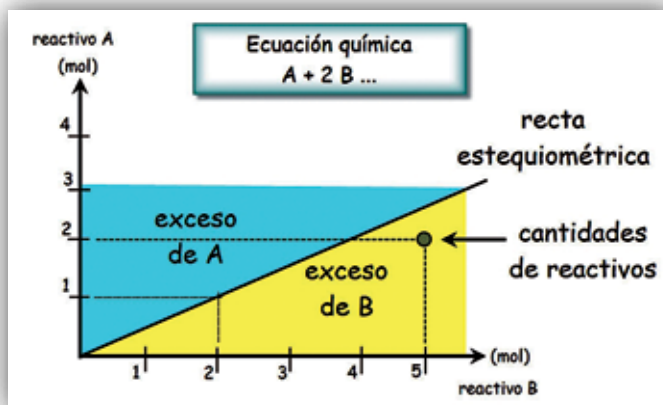


Figura 1. Representación gráfica de la relación entre las cantidades de los reactivos A y B.

- La determinación del reactivo limitante se puede plantear como la comparación entre la pendiente estequiométrica y la de la recta que pasa entre el origen de coordenadas y el punto que representa las cantidades de reactivos.

Si la pendiente que pasa por las cantidades de reactivos añadidas es mayor que la estequiométrica, entonces el reactivo representado en el eje de ordenadas es el reactivo en exceso. Si, por el contrario, la pendiente de las cantidades de reactivo añadidas es menor que la pendiente estequiométrica, el reactivo representado en el eje de abscisas será el reactivo en exceso. Esto se representa en la *Figura 2*.

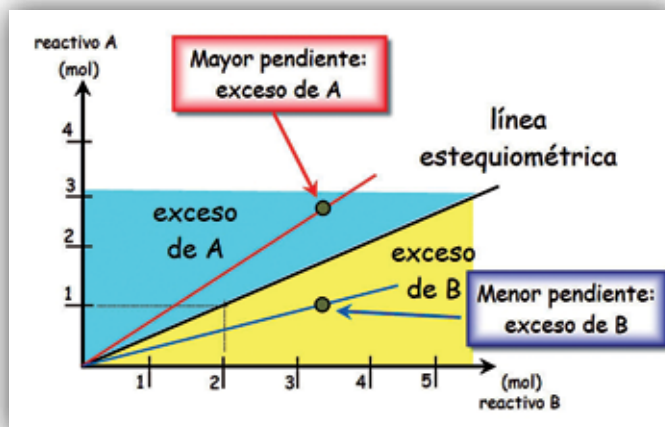


Figura 2. Relaciones entre pendientes y reactivos limitantes.



Esta metodología de determinación del reactivo limitante y este razonamiento quedan soportados de forma gráfica, por lo que este método de resolución puede ser comprendido y visualizado por los alumnos.

Este planteamiento complementario permite abordar los coeficientes químicos desde un punto de vista distinto del que se hace normalmente como conservación de materia y de átomos en un proceso de ajuste. Este nuevo punto de vista es además coherente con la idea de los coeficientes como ratios en moles de transformación de las especies químicas.

La construcción de la gráfica la pueden llevar a cabo los alumnos de forma activa; de este modo la adquisición de conocimientos será más profunda.<sup>2</sup> Aunque hay autores que subrayan que los organizadores gráficos son responsabilidad del profesor; pensamos que en este caso la construcción de estos sencillos elementos gráficos por parte de los alumnos tiene grandes ventajas, tanto desde el punto de vista de la comprensión del gráfico en sí como desde la actitud que se quiere impulsar para que puedan algún día crear sus propias interpretaciones gráficas.

La secuenciación de la construcción del elemento gráfico puede ser la siguiente:

1. Presentación al alumno de los ejes de coordenadas sobre los que construirá los elementos gráficos (recta estequiométrica y las dos áreas que representan los excesos de los reactivos A y B).
2. Presentación de varios casos con los que representar los puntos de pares de moles de A y B y unir tales puntos mediante la recta que representa la estequiometría.
3. Cálculo de la pendiente y conclusiones sobre su significado como proporción de reactivos A y B consumidos (en moles).
4. Situación de los puntos de cantidades no estequiométricas y relaciones entre proporciones de reactivos existentes y proporciones estequiométricas.
5. Conclusiones sobre las relaciones de proporciones y determinación de reactivos limitantes y reactivos en exceso.

## CONCLUSIONES

La representación de las cantidades estequiométricas y coeficientes mediante la línea recta supone varias ventajas desde el punto de vista pedagógico:

1. Por un lado, se ayuda a mejorar la comprensión del significado de coeficiente estequiométrico y a aplicar el razonamiento proporcional.
2. Se propone un método sencillo y gráfico de determinación de los reactivos limitantes y reactivos en exceso.
3. Se presenta un modelo (la línea recta) que se adecua al razonamiento proporcional y fácilmente transferible a otros contextos científicos donde la proporcionalidad es importante.

La aplicación de este proyecto a nuestros alumnos nos indica que este elemento gráfico es muy interesante por las ventajas anteriormente citadas.

---

<sup>2</sup> MINTZES, J. J., WANDERSEE, J. H., NOVAK, J. D. (1999). *Assessing Science Understanding*, London, Elsevier, p. 15

# MODELO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EL MARCO DE LA EXPERIENCIA «PEQUEÑOS CIENTÍFICOS»

Óscar Eugenio Tamayo

*Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. 00576-8781500 exte-12234*  
oscartamayo@ucaldas.edu.co

Francisco Javier Ruiz Ortega

*Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. 00576-8781500 exte-12234*  
francisco.ruiz@ucaldas.edu.co

**Palabras clave:** Enseñanza, didáctica, ciencias, modelos, niñez.

**Keywords:** Teaching, science, models, learning, childhood.

## Resumen

El programa Pequeños Científicos para la enseñanza de las ciencias en Colombia se implementó hace aproximadamente 10 años. Busca transformar las prácticas de enseñanza y de aprendizaje mediante la indagación guiada y el diseño tecnológico en el contexto de la educación en la niñez. Presentamos resultados de investigación sobre el concepto de enseñanza que tienen profesores del programa Pequeños Científicos. El estudio fue de naturaleza cualitativa y se realizó con 42 docentes de Educación Básica Primaria.

## Abstract

The Pequeños Científicos Program for science education in Colombia was implemented about 10 years ago. It seeks to transform teaching practices and learning through guided inquiry and technological design in the context of education in childhood. We present results of research on the concept of having teachers teaching Pequeños Científicos Program. The study was qualitative in nature and was conducted with 42 teachers of Basic Education Primary.

## INTRODUCCIÓN

En términos generales, la didáctica de las ciencias se ocupa de los aspectos referidos a la enseñanza<sup>1</sup> y al aprendizaje de los diferentes campos del conocimiento.<sup>2</sup> Destacamos, de manera específica, la importancia de incorporar a las prácticas de enseñanza de los profesores los aportes de la epistemología de la ciencia –de manera particular; a la línea de investigación en naturaleza de la ciencia–, los múltiples aportes de las ciencias cognitivas que, en lo posible, deben incorporar los profesores en sus procesos de enseñanza y de aprendizaje y, claro está, aquellos provenientes de los ámbitos de la pedagogía y de las ciencias de la educación. La conjunción de los aportes de estos múltiples campos con aquellos construidos al interior de la didáctica de las ciencias nos delimitan un marco conceptual al interior del cual podemos avanzar en procesos de investigación y de intervención en la cotidianidad del aula. Pensar, entonces, la enseñanza de las ciencias implica reconocer un campo conceptual de extremada complejidad, al cual aportan decididamente las ciencias cognitivas, la naturaleza de las ciencias y los llamados por SHULMAN (1986)<sup>3</sup> saberes necesarios para la enseñanza. Estos diferentes campos habitan conceptualmente las aulas de ciencias y orientan las diferentes acciones que los maestros realizan en el aula.

La perspectiva conceptual para la didáctica de las ciencias antes presentada se ocupa, entonces, de uno de los objetos de estudio centrales en la didáctica: la enseñanza. Sin embargo, es igualmente claro que el campo de la didáctica no se agota en la enseñanza; su norte viene determinado por los aportes que ella pueda hacer para lograr la formación y consolidación del pensamiento crítico en los estudiantes en los diferentes campos de actuación de las didácticas dominio-específicas.<sup>4</sup> Identificada la enseñanza como uno de los campos de actuación de la didáctica de las ciencias, pasaremos a continuación a mostrar en detalle las concepciones que sobre esta categoría tienen profesores que participaron en el programa Pequeños Científicos.

## METODOLOGÍA

En la investigación de carácter descriptivo comprensivo participaron 42 docentes de la Educación Básica Primaria de la ciudad de Manizales, Colombia. El proceso realizado con ellos, de capacitación y aplicación del Programa Pequeños Científicos, tuvo una duración de 10 meses. Para la recopilación de información, se aplicó, en tres ocasiones del proceso, un cuestionario de pregunta abierta que indagaba sobre tres categorías: ciencia, enseñanza y aprendizaje. Aquí solo se muestran los resultados de la categoría enseñanza. A las respuestas elaboradas por las y los docentes, se les aplicó un análisis de contenido para identificar las concepciones y determinar cómo el programa Pequeños Científicos generó cambios o no en dichas concepciones.

El análisis de la información recopilada lo presentamos según los diferentes momentos descritos en el diseño de la investigación<sup>5</sup>, de los cuales aquí sólo presentamos el primer momento. Para el análisis de

<sup>1</sup> AGUIRRE, J., HAGGERTY, S. Y LINDER, C. (1990). Students/teachers' conceptions of science, teaching and learning. A case study in preservice science education. *International Journal of Science education*, 12(4), 381/390.

PORLÁN A. R., RIVERO, G. A. Y MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las ciencias*, 16, 2, 271-288.

<sup>2</sup> POZO J. I., GÓMEZ C. M. A. (2001). *Aprender y enseñar ciencia*. Editorial Morata, pp. 273-276-279.

<sup>3</sup> SHULMAN, L. S. (1986). Those who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, Vol. 15, N.º 2, 4-14.

<sup>4</sup> TAMAYO, A. O. E., ZONA, R. Y LOAIZA, Z. Y. (2014). *Pensamiento crítico en el aula de ciencias*. Manizales, Editorial Universidad de Caldas, p. 312.

<sup>5</sup> TAMAYO, O. E., RESTREPO, DE M. F. Y VELASCO, L. A., (eds) (2012). *Pequeños Científicos. El caso de niños y maestros*. Manizales, Universidad Autónoma de Manizales, pp 247-304.

cada uno de los tres momentos tuvimos en cuenta tanto la información cuantitativa, arrojada por los diferentes instrumentos cerrados, como la información cualitativa, obtenida a partir de los instrumentos aplicados a los profesores participantes en la investigación. A la información cualitativa suministrada por los profesores se le hizo análisis de contenido,<sup>6</sup> a partir del cual se construyeron los sentidos que ellos tienen en cuanto a la enseñanza. El análisis conjunto de los diferentes tipos de información acopiados nos permitió comprender las concepciones que tienen los profesores del programa Pequeños Científicos sobre la categoría enseñanza, para lo cual centramos las discusiones en torno a las subcategorías: ¿Qué entiende por enseñanza?, propósitos de la enseñanza y aspectos a tener en cuenta para la enseñanza. Mantener estas tres subcategorías como eje central de los diferentes análisis realizados en los tres momentos de la investigación permitió identificar algunos cambios evidenciados en el discurso empleado por los profesores. Mayores detalles referidos a los aspectos metodológicos los presentamos en TAMAYO ET AL., (2012), p. 141.

### ANÁLISIS PRIMER MOMENTO

#### SUBCATEGORÍA DEFINICIÓN DE ENSEÑANZA

Del total de expresiones con sentido lógico en el ámbito de la enseñanza elaboradas por los profesores, el 13% se refieren a la subcategoría definición de enseñanza y el 87% a la subcategoría cómo enseña. En la *Tabla 1* se indica la distribución porcentual del total de respuestas analizadas en el primer momento en torno a la enseñanza. Las respuestas mencionadas están organizadas en dos subcategorías: definición de enseñanza y cómo enseña. (ver *Tabla 1*).

*Tabla 1.* Porcentaje de respuestas de los profesores acerca de las categorías. Definición de enseñanza y cómo enseña.

Enseñanza	Subcategoría	Subsubcategoría	Porcentaje
	Definición de enseñanza	Centrada en método	44
		Centrada en habilidades	17
		Centrada en metodología	6
		Centrada en procesos	22
	¿Cómo enseña?	Transmisionista	22
		Motivación	19
		Descubrimiento	6
		Relacion teoría-práctica	8
		Materiales	11
		Explicación-demostración	1
		Constructivista	3
		Crítica	2

En cuanto a la definición de enseñanza, llama la atención el bajo porcentaje de expresiones de los profesores que destacan la importancia del desarrollo de habilidades en los estudiantes, frente al alto porcen-

<sup>6</sup> VAN DIJK, T.A. (comp.) (1989). *Handbook of discourse analysis*. Londres, Academic press.

taje de expresiones que se refieren a aspectos de orden procedimental y metodológico en la enseñanza de las ciencias, que constituyen el 82%. Este marcado énfasis en aspectos de orden metodológico, como objeto central de la enseñanza de las ciencias, se enmarca de manera clara en la perspectiva tradicional de la enseñanza, la cual se distancia conceptual y metodológicamente de algunas de las perspectivas más contemporáneas e influyentes de la didáctica de las ciencias.<sup>7</sup> Algunos de los posibles riesgos de asumir la enseñanza centrada en aspectos de orden metodológico son, entre otros:

- La pérdida de vista de la dimensión epistemológica que ha construido la didáctica de las ciencias en las tres últimas décadas. La ausencia de un lugar teórico claramente definido en cuanto a los alcances y límites actuales de la didáctica de las ciencias, y a las interacciones de este nuevo campo con otras ciencias y campos del conocimiento, lleva a que el actuar de los maestros esté más permeado por la experiencia cotidiana de ellos que por los desarrollos provenientes de las comunidades académicas que tienen por objeto de estudio la enseñanza.
- La posible confusión entre la enseñanza como categoría conceptual y los métodos y metodologías de enseñanza. Si bien es claro el estrecho vínculo entre la categoría teórica enseñanza con las diferentes prácticas de enseñanza que se dan en las aulas de clase, asumir una perspectiva teórica extremadamente limitada, como podrían ser la transmisionista o la del descubrimiento, hace que la acción de los maestros en las aulas esté más orientada por aspectos procedimentales. En otras palabras, si bien la categoría enseñanza invita a pensar en términos prácticos, ello no significa la ausencia de referentes teóricos que la orientan, ni limita el objeto de estudio de la didáctica a esta importante dimensión.
- La dificultad para dar sentido a las nuevas propuestas para la enseñanza de las ciencias. Este aspecto puede estar soportado al menos en dos pilares. El primero referido al valor de la experiencia y, a su vez, a la constitución de esta como obstáculo frente al cambio; la seguridad que dan los años de experiencia y los cierres prematuros frente a otras maneras de ver lo que cotidianamente se nos presenta en las aulas de clase son determinantes en las formas de proceder de los maestros. Las nuevas concepciones de enseñanza, los nuevos marcos conceptuales que empíricamente han demostrado ser valiosos para incorporarlos en las prácticas docentes, las nuevas orientaciones en cuanto a la evaluación, los nuevos hallazgos sobre los procesos de aprendizaje de las ciencias, entre muchos otros desarrollos teóricos y metodológicos, difícilmente entran a formar parte de las prácticas docentes de nuestros profesores, en buena parte en virtud de la seguridad que dan los años de una experiencia que usualmente ha sido poco reflexiva y cuestionada.

El segundo soporte lo determina la creencia de que se está haciendo una práctica adecuada en virtud de que se enmarca en lo que culturalmente la región o la institución realiza. En otros términos, son ya prácticas instituidas, institucionalizadas, culturalmente aceptadas. Los maestros se ven entonces inmersos en unas prácticas culturales e institucionalmente validadas, soportadas en gran medida en el sentido común, prácticas heredadas de sus maestros y transmitidas a las nuevas generaciones de profesores, desconociendo con esto que el sentido común, en muchos casos, es incompatible con los conocimientos científicos que orientan, en nuestro caso, prácticas formadoras de futuros ciudadanos.

Los mismos programas de formación de maestros parecen plegarse a esta influencia cultural que termina por modelar su formación como maestros en función de lo que culturalmente termina viéndose en las instituciones educativas. No obstante, el paso de muchos maestros por las aulas universitarias, su formación, más que profesional, parece incidental, lo cual sin lugar a dudas puede explicarse a partir de la gran complejidad actual de los campos de la pedagogía y la didáctica, que los hace difícilmente aprehensibles para los profesores. Son campos en los cuales sus desarrollos teóricos y metodológicos exigen

<sup>7</sup> TAMAYO, A. O. E. (2009). *Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias*. Manizales, Editorial Universidad de Caldas.

dedicación, constancia y persistencia para su comprensión y aplicación en los procesos de formación. En síntesis, es un obstáculo en el cual coinciden al menos tres componentes: de una parte, la complejidad epistemológica para su aprehensión; el requerimiento de acciones conscientes e intencionadas de parte de los maestros para incorporarlos de manera reflexiva y crítica a sus formas de pensamiento y de acción en las aulas de clase; y el reconocimiento cultural de que la enseñanza, y, en general, la educación, puede ser asumida en ausencia de marcos teóricos y metodológicos rigurosos, lo cual lleva a suponer que enseñar y formar a los futuros ciudadanos es fácil.

- La instrumentalización desmedida de los procesos de enseñanza. El desconocimiento de los desarrollos teóricos en cuanto a la enseñanza puede llevar a los profesores a encontrar seguridad en su actuar en el aula a partir de la priorización de los aspectos procedimentales. Este aspecto, muy referenciado en la literatura en cuanto a la forma de actuar de los profesores noveles, parece generalizarse en virtud de lo mencionado anteriormente en relación con la complejidad del campo de la educación.
- La desconexión entre la dimensión de la enseñanza y la del aprendizaje, esta última necesariamente constituyente del objeto de estudio de la didáctica, asociada con los aportes de las ciencias cognitivas. Proponer la enseñanza en términos puramente instrumentales implica romper la unidad de la triada saber-aprendizaje-enseñanza; si bien es claro que los tiempos de la enseñanza de un saber determinado no coinciden con los tiempos del aprendizaje, también es claro que en el marco de los diseños de ambientes educativos realizados por los profesores deben estar planeadas diferentes acciones y estrategias para lograr acercamientos entre los objetos de enseñanza y los de aprendizaje, aspectos que han quedado claros con los aportes de DRIVER (1985),<sup>8</sup> DRIVER (1988),<sup>9</sup> VIENNOT<sup>10</sup> y CHEVALLARD<sup>11</sup>, entre otros. El actuar autorregulado de los maestros necesariamente les tiene que informar acerca del logro de aprendizajes en sus estudiantes, de tal manera que una buena enseñanza tiene implícita, necesariamente, la regulación de los procesos de aprendizaje.
- El distanciamiento del objeto de estudio de las didácticas de las ciencias: aportar a la formación de pensamiento crítico en los diferentes dominios del conocimiento en los que estas se enmarcan. Pensar que la didáctica de las ciencias tiene como propósito central la enseñanza desligada del aprendizaje y de la formación crítica de los estudiantes en dominios específicos, sin lugar a dudas, puede orientar las acciones de los maestros de manera desmedida a privilegiar procesos de instrumentalización en su quehacer en el aula.

En cuanto a la categoría cómo enseña, el 22% de las respuestas de los profesores hace referencia a la enseñanza transmisionista, el 19% reconoce la importancia de la motivación en la enseñanza, el 6% se refiere a la enseñanza por descubrimiento, el 8% habla de la relación teoría-práctica, y el 11% destaca el papel de los materiales en la enseñanza; otras subcategorías con menores porcentajes de respuestas se referencian en la tabla anterior. De los porcentajes antes señalados, queremos hacer énfasis en algunos de los hallazgos encontrados, bien por su alta frecuencia de respuestas o, por el contrario, por el bajo número de ellas, no sin antes precisar que desarrollos más detallados los realizaremos en el momento en que presentemos las comparaciones entre los diferentes momentos de la investigación, momento en el cual haremos referencia a la incidencia de la metodología seguida por los profesores sobre sus desempeños en el plano discursivo.

<sup>8</sup> DRIVER, R. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes, Open University Press.

<sup>9</sup> DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 6, 2, 109-120.

<sup>10</sup> VIENNOT, L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. París, Herman Cop.

<sup>11</sup> CHEVALLARD, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble, La pensée sauvage.

Encontramos muy valiosas aquellas afirmaciones de los profesores que destacan el asunto de las motivaciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje vividos en sus aulas de clase; incluir esta dimensión se constituye en la actualidad en uno de los aspectos fundamentales en el logro de aprendizajes en profundidad. En tal sentido, importa que los estudiantes estén intrínsecamente motivados por lo que hacen en las aulas de clase, en lugar de responder a motivaciones externas, estas últimas responsables en gran medida de los aprendizajes superficiales. Los motivos auténticos en la enseñanza y las acciones autotéticas desplegadas tanto por profesores como por estudiantes son en cierta manera garantes de la comprensión profunda de lo estudiado en clase.

Ubicados de nuevo en los resultados porcentuales referenciados con anterioridad, parece importante destacar en la información recogida la baja frecuencia de expresiones de los profesores que hacen alusión de manera explícita a la construcción de conocimiento (3%), al descubrimiento (6%), a la explicación-demostración (1%), y a la enseñanza en perspectiva crítica (2%). Discusiones en estas direcciones se presentarán posteriormente a partir de los análisis integrados de cada uno de los momentos de la investigación y de la comparación entre ellos.

El 30% de las expresiones de los profesores destaca el desarrollo de habilidades como el principal propósito de la enseñanza de las ciencias. El 27% menciona la importancia del conocimiento del medio y la manera de relacionarse con este, y el 20% destaca aspectos axiológicos como propósito importante de la enseñanza de las ciencias. En cuanto al desarrollo de habilidades, encontramos expresiones de los profesores orientadas a destacar la importancia de habilidades comunicativas en las que aprender a hablar ciencia que se constituye en una de las dimensiones centrales de la acción de los profesores en las aulas.

Son ya comunes los lugares en la literatura especializada en los que se destaca la necesidad de que profesores y profesoras de ciencias reconozcan la dimensión comunicativa como central del proceso de enseñanza y de aprendizaje, TAMAYO ET AL., (2011).<sup>12</sup> Vinculado con el énfasis dado por los profesores al asunto de la comunicación en el aula, se pueden identificar con cierta facilidad los modelos comunicativos asumidos por los profesores; aquellos que focalizan su atención en el uso extensivo del lenguaje, MOCKUS,<sup>13</sup> por parte del profesor, se enmarcan claramente en procesos educativos tradicionales; quienes asumen usos intensivos del lenguaje se decantan por el reconocimiento de la posibilidad de los lenguajes en la construcción del conocimiento. Este otro uso del lenguaje, además de la función comunicativa, reconoce la función estructuradora que ejerce sobre el pensamiento y la realidad.

Otras habilidades a las que hacen referencia los profesores se enmarcan en las llamadas habilidades cognitivas, dentro de las que podemos encontrar aquellas referidas a la observación, a la comprensión, a la dimensión de los afectos y las emociones. Es importante destacar frente a este aspecto el valor de orientar las acciones del aula en función del desarrollo de habilidades o competencias en los estudiantes, lo cual implica poner el acento en los procesos formadores más que en sus resultados, obviamente sin detrimento de estos últimos. Trabajar en función del desarrollo de habilidades en los estudiantes tiene sentido debido a la posibilidad que nos brinda en función de conocer cómo ellos aprenden, es decir, priorizar en la enseñanza los procesos que siguen tanto profesores como estudiantes en sus acciones orientadas bien a la enseñanza o bien al aprendizaje.

Tomar partido por los procesos puede llevarnos a resignificar el lugar de los conceptos y las teorías en la enseñanza. La actividad conceptual no se constituye por ella misma en el propósito de la acción de los maestros en el aula, no es esta actividad, y su resultado, la formación conceptual, el propósito final de la

<sup>12</sup> TAMAYO, O., VASCO, C. E., SUÁREZ, M. M., QUICENO, H., GARCÍA, L. I. Y GIRALDO, A. (2011). *La clase multimodal y la formación y evolución de conceptos científicos a través del uso de tecnologías de la información y la comunicación*. Manizales, Universidad Autónoma de Manizales.

<sup>13</sup> MOCKUS, S. A. (1989). Formación básica y actitud científica. En *Educación y Cultura*, 17.

enseñanza de las ciencias. Como lo hemos planteado en diferentes apartes, el objeto de estudio de la didáctica de las ciencias se orienta a la formación de pensamiento crítico en las diferentes disciplinas de estudio, es decir, el profesor de Biología, de Física o de Ciencias Sociales tiene como fin último de su actuar docente la formación de pensamiento crítico en biología, en física o en ciencias sociales, más que la sola enseñanza de conceptos en cada uno de estos campos del saber. Su acción teleológica se orienta a formar en pensamiento crítico disciplinar; para lo cual usa instrumentalmente los conceptos que enseña, de tal manera que el punto de llegada de su actuar como docente no son los conceptos, sino el desarrollo del pensamiento crítico de sus estudiantes en su campo específico de actuación educativa.

Enseñar a pensar y a actuar críticamente a los estudiantes en los campos de la biología, la física o las ciencias sociales son, entonces, los desvelos que deben afrontar los profesores en estos campos. Este pensar y actuar críticos implica desarrollar en los estudiantes habilidades y competencias en la resolución de problemas específicos en los campos de enseñanza, aportarles en la resolución de problemas auténticos y según sus contextos, enseñarles a argumentar y contra-argumentar en estos campos y, según sus diferentes niveles educativos, enseñarles a autorregular sus desempeños.

Parece claro que en la actualidad el problema en cuanto a la enseñanza no se circunscribe al dominio del ámbito de lo conceptual; el punto de llegada del sistema educativo desborda con creces la posible suficiencia que los estudiantes demuestran en campos teóricos determinados. En el proceso de formación de los sujetos para la vida, teorías y conceptos interactúan dialécticamente con aquellos procesos que permiten realmente su comprensión. A manera de ilustración, no sería pertinente esperar que los estudiantes conocieran las teorías y los conceptos en ámbitos como la biología o la química para que aprendieran posteriormente a argumentar en estos campos; son precisamente los intentos argumentativos que los estudiantes realizan, y en los que incluyen las diferentes comprensiones acerca de los conceptos y teorías, los que permiten, de una parte, que los estudiantes adquieran mayores dominios conceptuales y, de otra, que desarrollen habilidades argumentativas en el campo específico.

El reconocimiento de la importancia de los procesos en el logro de aprendizajes profundos en los estudiantes no conduce al descuido del ámbito de lo conceptual, al descuido de su formación disciplinar. No es simplemente volver sobre un énfasis metodológico en la enseñanza, el cual ya históricamente es claro que poco interés tiene. Por el contrario es, a partir de algunos desarrollos investigativos importantes en el aprendizaje en dominios específicos del conocimiento, dar prioridad al conocimiento de los procesos de aprendizaje de los estudiantes, de cómo emplean los múltiples lenguajes en la representación de los conceptos y teorías que estudian, cómo autorregulan sus procesos de aprendizaje y de formación, cómo involucran sus dimensiones afectiva, motivacional e intencional en el aprendizaje de los temas estudiados, y qué conscientes son de su progreso en el ámbito de estudio.

En cuanto a la dimensión axiológica priorizada por los profesores, los maestros consideran que la enseñanza debe estar en estrecha relación con los valores tanto de los estudiantes como los de ellos. Los maestros son los primeros responsables de diseñar ambientes educativos en los que los estudiantes se involucren, de manera que se logren los objetivos educativos trazados. En tal sentido, la enseñanza no solamente debe estar enfocada al aprendizaje conceptual de los estudiantes, sino también a la adquisición en ellos de ciertas habilidades y valores que le serán útiles en la vida cotidiana. En la enseñanza de las ciencias se debe tener en cuenta no solo el conocimiento sobre los conceptos estudiados, se requiere, además, que a través de ella se puedan enseñar aspectos axiológicos (valores) que le permiten al alumno aprender integralmente para resolver situaciones que se le presenten en la vida diaria.

#### SUBCATEGORÍA ASPECTOS A TENER EN CUENTA PARA ENSEÑAR

Dentro de los aspectos que intervienen en la enseñanza, y señalados por los profesores como más importantes, encontramos: el conocimiento disciplinar, espíritu científico, conocimientos previos, el conoci-



miento del medio, y al planeamiento y motivaciones de los estudiantes. El 22% de las respuestas de los profesores destacan como aspecto a tener en cuenta para la enseñanza algún tipo de conocimiento. Asimismo, el 22% resalta la importancia de los procesos de planeación.

Mucho podríamos hablar de manera independiente acerca de estas categorías priorizadas por los profesores, sin embargo, es importante destacar que en su conjunto son énfasis que en la actualidad se destacan como centrales en los procesos de enseñanza. En tal sentido podríamos afirmar que estas categorías, además de otras pocas, se constituyen en la actualidad en el eje de la didáctica general, esto es, categorías comunes en las diferentes didácticas disciplinares. Saber la disciplina a enseñar, conocer acerca de las ideas previas y motivaciones de los estudiantes, identificar el contexto en el cual se da la experiencia educativa y planear de manera adecuada la acción docente son aspectos que en su conjunto se orientan al logro de procesos educativos de calidad. Unido a ello, los profesores destacan la importancia de aportar a la formación del espíritu científico en los estudiantes. Encontramos, entonces, cercanía entre los hallazgos de la investigación en este primer momento de análisis y lo planteado por diferentes autores en torno al objeto de estudio de la didáctica de las ciencias, CHEVALLARD (1985), p. 26. La relación ternaria entre las categorías alumno, maestro y saber, en el marco del contexto en el cual se genere esta relación, se constituye en el punto de partida de cualquier actividad de enseñanza. En tal sentido es visto por los profesores participantes de la investigación al priorizar estas dimensiones, como se ilustra en la red semántica anterior:

Adicional a lo anterior, los profesores enfatizan en la necesidad de orientar los procesos de enseñanza en función de aportar a la formación del espíritu científico en los estudiantes, aspecto de gran interés actual para la didáctica de las ciencias que no está exento de polémicas y discusiones motivadas por las diferentes denominaciones y, seguramente, distintas comprensiones en lo referido a la formación del espíritu científico, del pensamiento científico y del pensamiento crítico en los estudiantes a partir de la enseñanza de los diferentes campos disciplinares.

A manera de conclusión, en cuanto a la subcategoría ¿Qué entienden los profesores por enseñanza?, destacamos la importancia dada por los profesores a la enseñanza por transmisión de conocimientos, a la motivación en la enseñanza, al valor de las acciones teórico-prácticas y al papel de los materiales de enseñanza. En cuanto a la subcategoría propósitos de la enseñanza, llaman la atención los aspectos axiológicos referidos por los profesores, así como la interacción con el medio y el desarrollo de habilidades. En cuanto a la subcategoría aspectos a tener en cuenta para la enseñanza, al planeamiento, el desarrollo del espíritu científico y el conocimiento disciplinar fueron los aspectos más destacados por los profesores.

## CONCLUSIONES

Se observó una mayor distribución de las respuestas de los profesores en torno a las diferentes subcategorías estudiadas. Los profesores hablan de aspectos de muy diferente naturaleza cuando se refieren a cómo se enseña, a los propósitos de la enseñanza, y a los aspectos que se deben tener en cuenta para la enseñanza. En cuanto al cómo enseñan se encuentra un marcado énfasis en el modelo transmissionista (29% de las respuestas), seguido del reconocimiento de aspectos motivacionales en la enseñanza y el aprendizaje. Sobre los propósitos de la enseñanza, el acento se ubica en el desarrollo del componente axiológico mediante la enseñanza de las ciencias. Asimismo, se observa alta distribución de las respuestas de los profesores. Sobre los aspectos a tener en cuenta para enseñar, captan la atención de los profesores las subcategorías: planeamiento, desarrollo del espíritu científico y logro de conocimientos.

De los diferentes momentos analizados de manera integral, encontramos que el segundo momento muestra el mayor grado de distribución de respuestas de los profesores. En cuanto a cómo enseñan los profesores, se destacan dos tipos de respuestas: los que privilegian la experimentación/observación y los que de manera específica priorizan la observación en el momento de enfrentar una actividad de enseñanza.

Sobre los propósitos de la enseñanza, capta la atención de los profesores el logro de conocimientos, el desarrollo del sujeto y el respeto del medio. En relación con los aspectos a tener en cuenta para la enseñanza, la distribución de respuestas es alta. Los profesores se refieren a aspectos como el planeamiento, la motivación, el interés, la experimentación, entre otros.

Los resultados parciales que mostramos constituyen una primera parte del estudio acerca de las ideas de los profesores que participan de la experiencia Pequeños Científicos, acerca de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Este es un campo abierto y dinámico que, sin lugar a dudas, permitirá en un futuro próximo mejores comprensiones de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.



# CONCEPCIONES DE CIENCIA DE LOS DOCENTES EN EL CONTEXTO DEL PROGRAMA «PEQUEÑOS CIENTÍFICOS»

Óscar Eugenio Tamayo

*Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. 00576-8781500 exte-12234*  
oscartamayo@ucaldas.edu.co

Francisco Javier Ruiz Ortega

*Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. 00576-8781500 exte-12234*  
francisco.ruiz@ucaldas.edu.co

**Palabras clave:** Pensamiento docente, ciencia, concepciones, pequeños científicos.

**Key words:** Teachers thinking, Science, Conceptions, Young scientists.

## Resumen

La investigación se orientó a identificar cómo incide el programa Pequeños Científicos en las ideas que tienen los docentes que la utilizan como herramienta para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. En la investigación participaron 42 profesores de escuelas oficiales de la ciudad de Manizales, Colombia. La conclusión central del estudio muestra que seguir la metodología Pequeños Científicos afianza en las y los maestros postulados empiristas y lógicos, en donde la observación, la experimentación y la aplicación del método científico son los ejes centrales que dinamizan y garantizan la construcción de la ciencia.

## Abstract

The central aim of the research was to identify the effects the Young Scientists Program on the ideas that teachers have about the science, teachers who use it Program as a tool for teaching and learning science. The research involved 42 teachers from public schools in the city of Manizales, Colombia. The central conclusion of the study shows that further strengthens the Young Scientists Program and the teachers in the principles and logical empiricists, where observation, experimentation and application of the scientific method are the cornerstones that streamline and ensure the construction of science.

## INTRODUCCIÓN

Los diferentes contextos en los cuales se abordan temas relacionados con la ciencia, su enseñanza y su aprendizaje reconocen que uno de los elementos centrales para intervenir es el pensamiento docente, pues

la manera como el maestro asume la ciencia y su construcción incide no solo en su desempeño en el aula, sino también en las concepciones que los estudiantes incorporan en su estructura cognitiva.<sup>1</sup> Sabemos, además, que los profesores, tanto en ejercicio como en formación, tienen ideas acerca de la ciencia adquiridas en su etapa escolar, tiempo durante el cual asumen o rechazan principios y procedimientos de sus propios profesores<sup>2</sup> y reforzadas por las imágenes estereotipadas, míticas e interesadas de la ciencia y los científicos que, a menudo, se transmiten en los libros de texto y materiales curriculares<sup>3,4,5,6</sup>.

En este sentido, consideramos que cualquier iniciativa didáctica debe reconocer las concepciones que los docentes tienen sobre la ciencia, su enseñanza y su aprendizaje. En nuestro trabajo, orientamos la discusión a las concepciones de ciencia (fundamentada en presupuestos epistemológicos) como un aspecto que direcciona de manera importante la estructuración de propuestas didácticas que vayan en consonancia con las demandas curriculares, sociales, políticas y culturales exigidas para la formación de ciudadanos.

Es significativo entonces que discutamos sobre las principales tendencias epistemológicas que identifican la concepción de la ciencia y su construcción, pues ello nos permitirá acercarnos a las explicaciones que se han ido construyendo históricamente alrededor del concepto.

En principio, los estudios en torno a las concepciones de ciencia y su relación con los desempeños docentes toman un auge importante desde 1950, cuando Anderson<sup>7</sup> presenta cómo los profesores de biología y química tienen dificultades en relación con su concepción acerca de la naturaleza de las ciencias.

Porlán, Rivero, Pozo,<sup>8</sup> plantean que las concepciones de los docentes frente a la ciencia se pueden recoger en cuatro posturas epistemológicas: la *racionalista*, en la cual se promueve que el conocimiento es consecuencia de la mente humana, generado a través del rigor lógico y de la razón; la *empirista radical*, en donde la observación y los procesos inductivos son condiciones indispensables para la construcción del conocimiento; la *empirista moderada*, que incorpora la experimentación y las hipótesis como elementos necesarios en la construcción del conocimiento; y la *alternativa*, donde se asume una ciencia producto de la actividad humana, condicionada social e históricamente y llevada a cabo por científicos individualmente subjetivos pero colectivamente críticos y selectivos.

Fernández, Gil, Carrascosa y Capachuz,<sup>9</sup> plantean cómo el ejercicio docente está impregnado de impresiones a la hora de enseñar la ciencia, caracterizada por reducciones y deformaciones que obstaculizan

---

<sup>1</sup> LEDERMAN, G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

<sup>2</sup> ABELL, S., BRYAN, L., ANDERSON, M. (1998). Investigating preservice elementary science teacher reflective thinking using integrated media case-based instruction in elementary science teacher preparation. *Science Education*, 82(4), 491-509.

<sup>3</sup> GARRITZ, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del Ciudadano. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 127152.

<sup>4</sup> GARRITZ, A. (2011). Las contribuciones de la química al bienestar de la humanidad. *Educación Química*, 22(1), 2-7.

<sup>5</sup> MELLADO, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 343-358.

<sup>6</sup> RUIZ, F. (2006). Ideas de ciencia y su incidencia en el proceso de enseñanza aprendizaje. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 2(1), 19-130.

<sup>7</sup> HERNÁNDEZ, C. (2000). Aproximación a un estado del arte de la investigación en la enseñanza de las ciencias en Colombia. Ponencia presentada en el Seminario *La investigación educativa y pedagógica en Colombia balance de una década*, Bogotá, Colombia.

<sup>8</sup> PORLÁN, R., RIVERO, A., MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288.

<sup>9</sup> FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.

su enseñanza. Los autores presentan siete imágenes distorsionadas de ciencia, entre ellas: la *empiro-inductivistas*, conocida por enseñar una ciencia ateórica, cimentada en la concepción experimental-inductiva en la que el conocimiento proviene de la observación y experimentación; una segunda visión se relaciona con la perspectiva *rígida y tradicional* del método científico, para muchos el único método de construcción de las ciencias y el principal mecanismo de enseñanza de la misma; de igual manera, se presenta la visión *aprobemática y ahistórica de la ciencia*, en donde se intenta explicar la estructura lógica de la misma, sin hacer evidente la dinámica de su construcción; una cuarta visión, que de manera rigurosa debe cuestionarse (al igual que las otras), es la *visión acumulativa*, que intenta perpetuar la ciencia y su enseñanza, al concebirla como un cúmulo de conocimientos acabados, objetivos, absolutos y verdaderos.<sup>10</sup>

Son visiones de ciencia que ignoran, en primer lugar, las crisis y remodelaciones profundas, fruto de procesos complejos —de acuerdo a lo expuesto por Giere y Estany—,<sup>11</sup> y, en segundo lugar, excluyen la influencia de los contextos sociales, los contextos de enseñanza, innovación, valoración y aplicación<sup>12</sup> en el campo de la naturaleza de la ciencia. Con ello se ratifica el carácter de certeza de una ciencia que se aleja de una visión de ciencia como construcción sociocultural, una actividad profundamente humana.

Ante la discusión planteada anteriormente, esta investigación se orientó a responder la pregunta: ¿Cómo incide el programa Pequeños Científicos en la concepción de ciencia que tienen los docentes de Básica Primaria que trabajan bajo esta metodología?, un programa que se plantea como alternativa de cualificación de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y como herramienta para el docente al facilitar su trabajo en el aula de clase. Es importante anotar que Pequeños Científicos es un programa que pretende, mediante el uso de la pregunta o la indagación guiada, el trabajo colaborativo, la observación y la experimentación, desarrollar el espíritu científico en los niños.

## METODOLOGÍA

En la investigación de carácter descriptivo comprensivo participaron 42 docentes de la Educación Básica Primaria de la ciudad de Manizales, Colombia. El proceso realizado con ellos, de capacitación y aplicación del Programa pequeños Científicos, tuvo una duración de 10 meses. Para la recopilación de información, se aplicó, en tres ocasiones del proceso, un cuestionario de pregunta abierta (ANEXO 1) que indagaba sobre tres categorías: ciencia, enseñanza y aprendizaje. Aquí solo se muestran los resultados de la categoría «ciencia». A las respuestas elaboradas por las y los docentes se les aplicó un análisis de contenido para identificar las concepciones y determinar cómo el programa Pequeños Científicos generó cambios o no en dichas concepciones.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados y sus análisis se hacen sobre las respuestas elaboradas por las y los docentes a las preguntas: ¿Para ti qué es la ciencia? y ¿Cómo consideras que se construye la ciencia?, y arrojó como resultados cuatro tendencias centrales (*Figura 1*), que se describen a continuación:

- La ciencia desde la perspectiva del empirismo lógico. Todos hemos escuchado las innumerables críticas a las propuestas empiristas que asumen el monismo metodológico (el método científico) y el

<sup>10</sup> KAUFMAN, M., FUMAGALLI, L. (1999). *Enseñar ciencias naturales: reflexiones y propuestas*. Barcelona, Ediciones Paidós Ibérica.

<sup>11</sup> FERNÁNDEZ, GIL, CARRASCOSA, CACHAPUZ (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.

<sup>12</sup> ECHEVERRÍA, J. (1998). *Filosofía de la ciencia*. Madrid, Akal Ediciones.

axiológico (la verdad) como ejes centrales de la concepción de la ciencia y, de igual manera, somos testigos de que esta es una de las tendencias epistemológicas más difíciles de erradicar; a pesar de los innumerables intentos por superarla desde el ofrecimiento de espacios académicos en los cuales se muestra una ciencia más cercana a los contextos sociales en los cuales se construye. Los hallazgos que obtuvimos en esa investigación con los docentes que trabajaron bajo el programa de PC son inquietantes, al ser una tendencia que se consolidó en ellos (46,27, 45,62 y 60,86%, momentos 1, 2 y 3 respectivamente). Estos datos muestran el robustecimiento de prácticas netamente experimentales enfocadas solamente a ratificar la importancia única y categórica del contexto de justificación de la ciencia, desconociendo de esta manera la creación de escenarios educativos para la construcción de una «ciencia escolar», en donde circulen factores socioculturales y se tenga en cuenta al menos otros contextos, como el de valoración, enseñanza y aplicación de la ciencia.<sup>13</sup>

- La ciencia como estudio de los fenómenos. Con esta perspectiva, que presentó porcentajes del 13,43, 14,04 y 17,39% para los momentos 1, 2 y 3 respectivamente, nos acercamos a considerar la ciencia desde su utilidad, desde un pragmatismo importante que da sentido a lo que se aprende y, sobre todo, al desenvolvimiento del ser humano en su contexto inmediato. Sin embargo, sus planteamientos pueden quedarse en la comprensión de los fenómenos, importante acción, pero el objetivo de su comprensión debe trasladarse hacia la construcción de «modelos satisfactorios de determinadas partes de la realidad para poder pensarla e intervenirla poniendo en funcionamiento estos modelos».<sup>14</sup>
- La ciencia como campo de conocimiento particular. Esta fue una tendencia que manifestó, para los tres momentos, los siguientes porcentajes: 13,43 12,28 y 13,04%, momentos 1, 2 y 3, respectivamente. Todos los campos de conocimiento poseen un objeto de estudio propio, en los cuales existen modelos conceptuales particulares que «intentan explicar los fenómenos naturales y los sistemas físicos del mundo».<sup>15</sup> Ahora, si desde cada campo de saber podemos intervenir el mismo fenómeno pero respondiendo de manera particular a una pequeña parte del mismo, el nivel de intervención y su eficiencia dependerá de la capacidad que posea el ser humano para articular su actividad con otros campos del saber, sin que ello le demande ser un experto en todos ellos pero sí una conciencia de que su acción incide de muchas maneras, el complejo entramado de redes que existen en el contexto de intervención del fenómeno. Pese a lo anterior, las respuestas no mostraron una relación entre saberes que permitiera la comprensión sistémica de los fenómenos.
- La ciencia y su articulación con lo social. Los datos que se obtuvieron, aunque en un porcentaje no muy alentador pero sí significativo (se alcanzó el mayor porcentaje en el segundo momento, pero disminuyó notablemente en el tercero: 10,48, 21,05 y 8,7%), permitió identificar cómo los docentes tienden hacia una concepción de ciencia como actividad científica humana, impregnada de factores subjetivos (valores, intereses, emociones, etc.); ello da cuenta de las bondades que se puede tener al interior de una propuesta como la de PC para la enseñanza de las ciencias. Hablar de ciencia articulada a los contextos sociales, políticos y económicos en el cual circula y se construye es humanizar el conocimiento científico, es hablar además de un conocimiento significativo, con sentido y a la vez tentativo porque «...ya no es un conocimiento inmaterial, sino una actividad de personas racionales

<sup>13</sup> ECHEVERRÍA, J. (1998). *Filosofía de la ciencia*. Madrid, Akal Ediciones.

<sup>14</sup> IZQUIERDO, M., ALIBERAS, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciencies*. Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona.

<sup>15</sup> PUJOL, R. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid, Síntesis-Educación.

con sus conocimientos más o menos elaborados, sus objetivos poco o muy claros y sus ganas de transformar el mundo».<sup>16</sup>

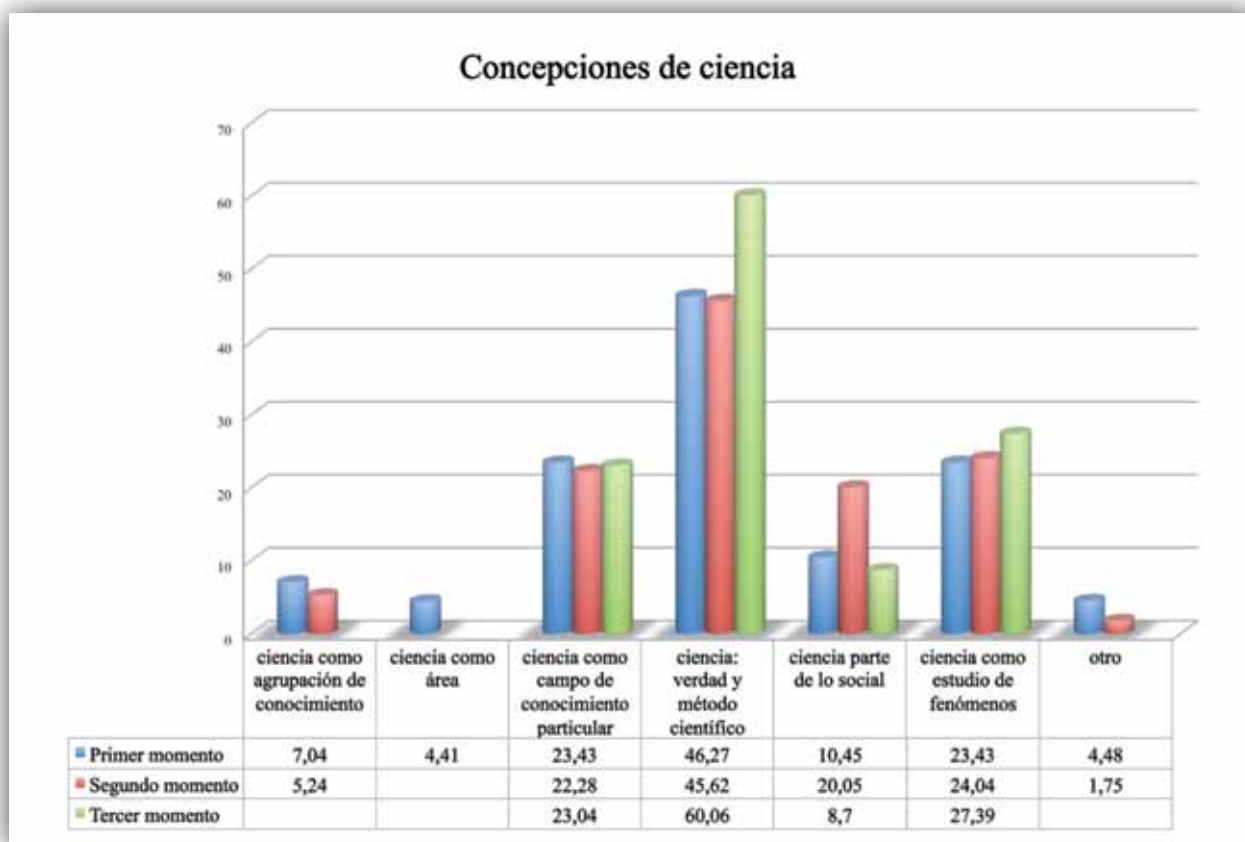


Figura 1. Actividades propuestas en la tercera secuencia didáctica.

### CONCLUSIONES

Los resultados identificados permiten concluir que el programa Pequeños Científicos consolidó en las y los docentes una perspectiva empirista de ciencia, que debe ser objeto de discusión rigurosa y, por qué no, erradicada de los escenarios escolares. Lo anterior porque desde la ciencia se considera como:

- El resultado de acciones observacionales y experimentales. Con ello se ratifica el gran peso que se le da a los procesos de construcción del conocimiento científico cimentados en dos principios esenciales adjudicados al Método Científico (MC), la predicción y el control de los fenómenos, al dársele al MC las propiedades de unidad y universalidad. Una visión que puede consolidar el carácter fragmentario de la ciencia, de su enseñanza y su aprendizaje.
- Un conocimiento útil para la comprensión de los fenómenos que el sujeto percibe del exterior; sin embargo, no hay lugar a una implicación del ser humano como un sujeto activo en la construcción de la ciencia, al desconocer la importante y permanente relación que existe entre lo externo al sujeto y sus estructuras cognitivas, sus saberes, vivencias, intereses y expectativas.

<sup>16</sup> IZQUIERDO ALIBERAS (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències*. Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona.



Ahora, un aspecto importante que debe reconocerse en los hallazgos es el reconocimiento de la ciencia con el componente sociocultural del ser humano. Una visión que si bien no tuvo porcentajes altos de frecuencia, sí tiene acercamientos a dar relevancia al conocimiento científico como aspecto necesario para la formación de ciudadanos y como plataforma que puede potenciar, además de actitudes positivas hacia la ciencia y su aprendizaje, también actitudes e intereses por los problemas sociales involucrándose como sujetos promotores de cambios.

Finalmente, el programa Pequeños Científicos es una oportunidad para que el docente asuma posturas críticas frente a su función y, quizás aquí, esté la mayor riqueza y compromiso de la propuesta, pues es necesario mostrar y promover momentos dialógicos con los docentes, proyectar una visión crítica de la ciencia no solo desde perspectivas experimentales y observacionales o desde visiones alejadas del contexto sociocultural del sujeto. Es prioritario que el docente conozca y se apropie de elementos indispensables que en la actualidad están exigiéndose en cualquier propuesta de enseñanza aprendizaje de la ciencia: epistemología, historia, naturaleza de la ciencia, metacognición, contextos de la ciencia, entre otros.

**Agradecimientos:** A la Universidad de Caldas y a los docentes participantes en este estudio.

## ANEXO I.

### CUESTIONARIO

#### INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES. UNIVERSIDAD DE CALDAS - UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

Estimado docente.

Las siguientes preguntas buscan identificar aspectos relevantes de cómo se asume la ciencia, su enseñanza y su aprendizaje. Por ello solicitamos dé respuesta a cada una de ellas:

1. ¿Qué entiendes por ciencia y cómo se construye el conocimiento científico?
2. ¿Qué entiendes por aprendizaje y cómo crees que se aprenden las ciencias naturales?
3. ¿Cuál debería ser en tu opinión el papel del profesor para favorecer el papel de las ciencias naturales?  
¿Por qué?
4. Enumera y explica dos propósitos que puedas tener al enseñar ciencias naturales.  
Propósito uno:  
¿Por qué es importante?  
Propósito dos:  
¿Por qué es importante?
5. ¿Qué entiendes por enseñanza y cómo enseñas las ciencias naturales?
6. ¿Qué aspectos consideras deben tenerse en cuenta antes de enseñar ciencias naturales a tus estudiantes? Justifica al menos tres elementos.

ASPECTO UNO

ASPECTO DOS

ASPECTO TRES

7. Explica al menos dos relaciones que consideres relevantes para el ejercicio docente entre enseñanza y aprendizaje.

RELACIÓN UNO

RELACIÓN DOS

RELACIÓN TRES.

8. Discute la siguiente afirmación: Conocer una materia es necesario y suficiente para saberla enseñar.
9. ¿Cuáles crees que son las características más importantes que debe tener un buen docente? Enuncia al menos tres y justifica tu respuesta.

CARACTERÍSTICA UNO

CARACTERÍSTICA DOS

CARACTERÍSTICA TRES

10. Escoge uno de los siguientes temas para elaborar un plan clase en el espacio que encuentras a continuación.

Tema número uno: VIDA

Tema número dos: MATERIA



# **CIENCIAS 2.0. APLICACIONES DOCENTES DE LAS TIC**

---



# UNA COMBINACIÓN VISU-TIC PARA LA ENSEÑANZA DE LA MINERALOGÍA EN EL MÁSTER DE SECUNDARIA, ESPECIALIDAD BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

Jaime Delgado Iglesias

*Dpto. Didáctica Ciencias Experimentales, Sociales y Matemática  
Facultad de Educación y Trabajo Social. Universidad de Valladolid  
Paseo Belén, 1. 47011 Valladolid  
jdelgado@dce.uva.es*

Alejandro del Valle González

*Dpto. Física de la Materia Condensada, Cristalografía y Mineralogía  
Facultad de Ciencias. Universidad de Valladolid  
Paseo Belén, 7. 47011 Valladolid  
valle@fmc.uva.es*

**Palabras clave:** Mineralogía, TIC, aprendizaje, formación de profesorado.

**Keywords:** Mineralogy, TIC, learning, teacher training.

## Resumen

El objeto del trabajo es que los alumnos del Máster de Profesor de Educación Secundaria especialidad Biología y Geología, en la Facultad de Educación de Valladolid, conozcan la combinación de dos tipos de recursos didácticos para la enseñanza de la mineralogía (*visu* de minerales y TIC) y que permita mejorar su competencia profesional. Se ha combinado el *visu* con las TIC utilizando una colección de minerales en muestra de mano y una intuitiva y ágil aplicación informática sobre identificación mineralógica (Servidor de Minerales de la Universidad de Valladolid). De esta manera, se aprovechan las ventajas de manipular e identificar propiedades de minerales en la mano y el potencial didáctico y de información que poseen las TIC.

## Abstract

The purpose of the study is that students in the Teacher Master of Secondary Education (Biology and Geology) in the Faculty of Education (Valladolid) may know the combination of two types of learning resources for teaching mineralogy (*visu* mineral and ICT) and to improve their professional competence. It has combined *visu* and ICT using a collection of minerals in hand specimen and an intuitive software

application for mineralogical identification (Server Minerals University of Valladolid). Thus, the ICT information and their didactic opportunities are used to manipulate and to identify the properties of minerals in hand.

## INTRODUCCIÓN

Para el aprendizaje de los contenidos relacionados con las ciencias de la Tierra en los niveles preuniversitarios se deben tener en cuenta las disciplinas que engloba la geología, como, por ejemplo, la estratigrafía, la petrología, la paleontología, la tectónica y la mineralogía. Con todas ellas se puede obtener una idea muy exacta de cómo es el planeta Tierra, nuestro entorno y de cómo se desarrollan los procesos que en él tienen lugar.

Asimismo, la importancia del estudio de la mineralogía (junto con las rocas y fósiles) radica en la aportación de esta disciplina a la alfabetización científica de los alumnos de enseñanzas medias, además de su formación específica en el campo científico. El conocimiento de la materia mineral es una puerta de entrada para que los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato se introduzcan en el mundo de la ciencia. Por eso, puede resultar muy convincente presentar los minerales de forma atractiva, pero con una base científica multidisciplinar que englobe conceptos de química, física y geología. La explicación de las propiedades más evidentes o intuitivas de los minerales sobre la base de su composición química y de su estructura cristalina puede ayudarles a comprender otros conceptos de varias disciplinas científicas muy relacionadas. Las propiedades, incluso las más sencillas de estudiar y describir, son consecuencia de su naturaleza (composición y estructura). Por ejemplo, la dureza se relaciona con el enlace químico (estructura) y el color; con la composición química. Si la enseñanza de las propiedades se lleva a cabo con estrategias adecuadas, el aprendizaje por parte de los alumnos les permitirá establecer esa correlación composición-estructura, habiendo conseguido que los alumnos sientan muy cerca una serie de ideas básicas relacionadas con la ciencia, más allá de las propias de las ciencias de la Tierra.

Para la enseñanza de la mineralogía se pueden emplear estrategias participativas, siendo las sesiones de *visu*, a través de las propiedades físicas y ópticas de los minerales, las que mayormente se contemplan. Estas sesiones son relativamente sencillas de organizar y desarrollar; utilizando una adecuada colección de minerales y un guion de prácticas. Las sesiones de *visu* son algo inherente a la enseñanza de la mineralogía, estando presentes en los libros de texto y desde hace mucho tiempo ya tienen una consideración destacable en los manuales para la enseñanza de las ciencias (UNESCO, 1978; ME, 1981, entre otros). Gallegos (1997) hizo una interesante revisión y propuesta sobre la enseñanza de los minerales a través del *visu*, y Jiménez-Millán *et al.* (2008) realizan propuestas didácticas en la misma línea. De manera accesoria, pueden emplearse otros métodos, como análisis químico sencillo o microscopía óptica (Franco y Gonzalo, 2000), pero en un caso es más compleja desde el punto de vista técnico y operativo y en otro caso es menos intuitivo y se requiere un nivel de conocimientos más elevado.

Por otro lado, las Tecnologías de la Información y la Comunicación también se han generalizado como herramienta para la enseñanza (COLL, 2010; PRENDES, 2007; MEC, 2013) y, en el caso concreto de la mineralogía (VASCONCELOS *ET AL.*, 2012), permiten realizar sesiones de diferente naturaleza a las de *visu*.

En el presente trabajo se ha combinado la metodología tradicional del *visu* con la metodología aportada por las TIC, utilizando una colección de minerales y una intuitiva y ágil aplicación informática sobre identificación mineralógica cuyo diseño no fue específicamente la enseñanza de la mineralogía. De esta manera, se aprovechan, por una parte, las ventajas de manipular e identificar las propiedades de los minerales en la mano y, por otra, el potencial de conocimientos de un servidor de minerales y la atracción que ejercen las TIC sobre los alumnos.

## OBJETIVOS

El objeto del trabajo fue que los alumnos del Máster de Profesor de Educación Secundaria, Bachillerato, Formación Profesional y Escuela Oficial de Idiomas, especialidad Biología y Geología, en la Facultad de Educación de Valladolid, conocieran, por una parte, dos recursos didácticos por separado para la enseñanza de la mineralogía (*visu* de minerales y TIC) y, por otra parte, que la combinación de ambos puede mejorar el aprendizaje de esta disciplina. Otro objetivo marcado ha sido que los alumnos del Máster adquieran la capacidad para enseñar la mineralogía utilizando varios recursos didácticos y contribuya a mejorar su competencia profesional. Asimismo, se propuso como objetivo la autoevaluación de la propuesta a través de la información aportada por los propios alumnos y de la comparación de los dos procedimientos: *visu* y digital.

## METODOLOGÍA

La metodología de enseñanza se ha desarrollado con un planteamiento basado en el aprendizaje por descubrimiento y autónomo del alumno, pero guiado por el profesor. Los contenidos teóricos se han contemplado en sesiones previas a la propuesta, y el papel del profesor a lo largo de la actividad ha sido el de resolver problemas de carácter procedimental o técnico, más que de tipo conceptual.

Para llevar a cabo la actividad son imprescindibles unos conocimientos previos sobre mineralogía, destacando las propiedades físicas de los minerales y la clasificación mineralógica siguiendo los criterios de composición química y estructura interna (STRUNZ Y NICKEL, 2001).

Aunque la actividad se puede plantear para otros niveles educativos, introduciendo las modificaciones oportunas (aumentando o disminuyendo el nivel de exigencia), en este trabajo se ha diseñado para los alumnos del Máster de Profesor de Educación Secundaria, Bachillerato, Formación Profesional y Escuela Oficial de Idiomas, especialidad Biología y Geología. Si se disponen de equipos informáticos suficientes, la actividad se realizaría individualmente. De lo contrario, se puede realizar por parejas, no disminuyendo la eficacia didáctica y permitiendo aprovechar las ventajas del trabajo cooperativo.

Se ha procedido a la comparación de los dos métodos utilizados: por una parte, la sesión de *visu* y, por otra, la combinación con una aplicación informática sobre mineralogía.

## MATERIALES

Se necesita una colección de minerales variada cuyo número de ejemplares dependerá del número de alumnos y del tiempo disponible para la sesión. Como referencia, cada alumno o pareja de alumnos deberá tener entre 6 y 10 ejemplares de minerales. No es necesario que todos los alumnos tengan el mismo tipo de minerales, siendo preferible un menor número de ejemplares y que sean diferentes para cada alumno o pareja, permitiendo la rotación entre ellos para poder repetir la actividad tantas veces como sea oportuno. Se procurará que haya variedad de hábitos, colores, brillos... y la mayor diversidad posible de especies minerales y que estén representadas el mayor número posible de clases mineralógicas y de subclases, en el caso de la clase silicatos. También son necesarias guías de minerales o libros sobre mineralogía, al menos uno por pareja de alumnos.

En el presente trabajo el número de alumnos que participaron fueron 8, organizándose por parejas y cada una con 6 minerales. Se confeccionaron 4 cajas con 6 minerales cada una, que luego se intercambiaron entre los alumnos. A modo de ejemplo, los minerales seleccionados fueron: galena, cinabrio, pirita, calcita, azurita, fluorita, halita, pirolusita, cuarzo común, cuarzo amatista, goethita, yeso laminar, yeso fibroso, olivinos, turmalinas, berilo, moscovita, biotita, lepidolita, ortosa, sodalita, labradorita, sepiolita, baritina, wollastonita, actinolita, malaquita, almandino, siderita y esfalerita.



Por otro lado, se emplearon 4 ordenadores con conexión a Internet y acceso al servidor de minerales de la Universidad de Valladolid (UVA, 2014). El servidor es una aplicación informática consistente en una base de datos de minerales que suministra información sobre, aproximadamente, 3 000 términos de especies minerales, variedades y sinónimos y, además, una guía geográfica que ayuda a buscar estos minerales en España.

La obtención de información se puede realizar a través de varias pestañas (Figura 1):

- Explorador de minerales: Se aportan datos, en forma de fichas, sobre sistemática, composición química, cristalografía y propiedades (físicas y químicas) de los minerales.
- Buscador por nombre: Encuentra los términos de la base de datos entrando por el nombre (especies, variedades y sinónimos).
- Buscador por sistemática: Encuentra los términos de la base de datos entrando por los principales puntos de su clasificación sistemática (clase, subclase...).
- Buscador por propiedades: Encuentra los términos de la base de datos entrando por las propiedades más significativas.
- Buscador por fórmula: Encuentra los términos de la base de datos entrando por la composición química.
- Buscador por localización geográfica: Encuentra los términos de la base de datos entrando por los lugares de procedencia (yacimientos, indicios...).

En su defecto se pueden utilizar otras bases de datos existentes en Internet (MINDAT, 2014; MINERALOGY DATABASE, 2014), si bien la seleccionada se considera más versátil para el objetivo propuesto.

Se ha empleado un guion de prácticas sencillo y un cuestionario de satisfacción, que fue rellenado por los alumnos con el objeto de obtener información sobre la efectividad de la propuesta.

The image shows the homepage of the 'Servidor Web de Minerales' website. At the top, it identifies the 'Departamento de Física de la Materia Condensada, Cristalografía y Mineralogía, Universidad de Valladolid'. The navigation bar includes 'Inicio', 'Explorador', 'Buscar', 'Mineralogía', and 'Ayuda'. A main heading reads 'Este sitio suministra información sobre, aproximadamente, 3000 términos de especies minerales, variedades y sinónimos. Se complementa con un Curso de Mineralogía y Química Mineral. Una guía geográfica nos ayuda a buscar estos minerales en España.' Below this, there are six search categories, each with a brief description: 'Explorador de minerales', 'Buscador por nombre', 'Buscador por sistemática', 'Buscador por propiedades', 'Buscador por fórmula', and 'Buscador por localización geográfica'. On the right side, there is a 'Novedades' section with news items, a 'Museos' section, and a 'Contacto' section. The footer states 'Actualizada: 15/10/2013'.

Figura 1. Página de inicio del servidor de minerales de la Universidad de Valladolid.

## DESARROLLO

El tiempo de realización de la actividad duró aproximadamente 2 horas y se llevó a cabo en dos partes. La primera parte correspondió al *visu*, sin utilización de ningún medio digital, y la segunda parte a la utilización de la aplicación digital combinada con el *visu*.

### PRIMERA PARTE: VISU

En las colecciones que se confeccionaron para cada pareja de alumnos se sustituyó la etiqueta de cada mineral por un número, de manera que el alumno desconociera a priori el mineral en cuestión.

Aunque se puede aumentar el nivel de exigencia, en la presente actividad se trabajaron las propiedades físicas de los minerales y, dentro de estas, las más intuitivas: color, brillo, diafanidad y hábito.

Cada alumno o pareja de alumnos, a partir de la observación del mineral en la mano, debía apuntar las propiedades percibidas en una tabla (*Tabla 1*) donde quedan reflejadas las características de cada mineral. La última fila de la tabla recoge el nombre de los minerales que los alumnos han sido capaces de identificar con ayuda de los manuales de determinación o guías de minerales. Más adelante se verificará si la respuesta es la correcta.

Propiedades físicas	Minerales				
	1	2	3	4	5
Color					
Brillo					
Diafanidad					
Hábito					
Respuesta del alumno					

*Tabla 1.* Propiedades físicas de los minerales observados y posible identificación.

### SEGUNDA PARTE: SERVIDOR DE MINERALES

En esta parte, los alumnos dispondrán de la colección de 6 minerales y de la aplicación informática del servidor de minerales de la Universidad de Valladolid, aunque de apoyo siguen disponiendo de material bibliográfico. Es recomendable que la colección de minerales no sea la misma que utilizaron en la parte de *visu*, principalmente para evitar que la nueva identificación se vea influenciada por la realizada en esa sesión.

Previamente a la utilización de la aplicación informática (aunque se puede hacer simultáneamente), los alumnos deben rellenar una tabla (*Tabla 1*) con las observaciones sobre propiedades físicas de los minerales de su colección, sin completar la fila de resultados.

A continuación, se accede al servidor con la dirección web <http://greco.fmc.cie.uva.es/>, cuya página se presenta en la *Figura 1*. Entre las múltiples posibilidades de obtener información que ofrece la página, se seleccionará la opción «Buscador por propiedades» y aparecerá una pantalla donde se puede dirigir la búsqueda por propiedades ópticas, por propiedades cristalográficas, por propiedades físicas o directamente por sistemática. Tal como se planteó la actividad, se considerará la opción de «Propiedades físicas» y en las casillas existentes se introducirá o seleccionará, a partir de una pestaña desplegable, las propiedades físicas de los minerales percibidas y que los alumnos habían anotado en la tabla previa. A la derecha

de la pantalla se encuentra una columna vertical donde aparecen los minerales que poseen las propiedades físicas introducidas en las diferentes casillas. A mayor número de propiedades introducidas, la lista de minerales identificados se irá reduciendo. Como ejemplo, se han introducido las propiedades color violeta, brillo vítreo y diafanidad transparente, apareciendo a la derecha una serie de posibles minerales que poseen esas tres características (Figura 2). Si se siguen introduciendo más propiedades físicas, la lista disminuirá hasta quedar solo un mineral.

Los alumnos siguieron el procedimiento descrito para todos los minerales de sus colecciones, anotando el resultado en la fila «Respuesta del alumno» en la tabla confeccionada previamente a la utilización del servidor.

Al final, los alumnos tienen dos tablas: una con resultado obtenido en la parte de *visu* y otra con el resultado de la parte combinada *visu-TIC*.

A continuación, se procede a resolver las determinaciones realizadas, sustituyendo los números que acompañan a los minerales por sus etiquetas. Los alumnos pueden comprobar y comparar el nivel de aciertos utilizando un procedimiento u otro. En las dos tablas que han confeccionado y completado señalarán cuántos minerales estaban bien identificados del total de la colección disponible en cada procedimiento.

Figura 2. Página del buscador por propiedades, con tres propiedades físicas introducidas como ejemplo y los posibles minerales coincidentes en la columna de la derecha.

## INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos tras la determinación a través de *visu* se compararon con los datos obtenidos combinando ambos procedimientos. En el caso del *visu*, los cuatro grupos de trabajo (cuatro pares de alumnos) tuvieron un porcentaje medio de aciertos algo mayor del 80% (Tabla II).

	<i>Visu</i>		Combinación visu-servidor	
	Minerales correctos (sobre 6)	Grado de acierto (%)	Minerales correctos (sobre 6)	Grado de acierto (%)
Pareja 1	5	83	6	100
Pareja 2	4	66	5	83
Pareja 3	5	83	6	100
Pareja 4	6	100	6	100

Tabla II. Comparativa de aciertos entre ambos procedimientos.

Utilizando la combinación del *visu* con el servidor de minerales, el porcentaje de aciertos se acerca al 100% (Tabla II). Es evidente la mayor eficacia del segundo procedimiento, si bien es cierto que la arquitectura intuitiva del servidor permite realizar múltiples intentos y la búsqueda de información es relativamente más fácil y rápida que a través del método tradicional (lo que no significa que sea más efectivo). Lo que indica es que utilizando el servidor el procedimiento es más plástico y dinámico, pudiendo ver de manera inmediata imágenes de los minerales en el servidor y comprobar la semejanza con el mineral que se tiene en la mano.

A través de la observación de los alumnos durante la sesión práctica, se percibe una mayor motivación de estos, quizá causada por la novedad y el carácter activo y participativo de las TIC.

Por otro lado, de los resultados del cuestionario de satisfacción que se les pidió a los alumnos que rellenaran al finalizar la sesión, se advierte una opinión positiva de la propuesta (combinación *visu*-TIC). La valoración como recurso didáctico de la combinación de ambos procedimientos (incluso del propio servidor de minerales) es muy positiva por parte de los alumnos. Estos reconocen haber adquirido mayor conocimiento sobre minerales (aunque relativo a comprensión y estudio de propiedades físicas) y mayor destreza para determinarlos, siendo capaces de aplicar estrategias para su reconocimiento. En la misma línea, en la valoración positiva incluyen la mayor posibilidad de obtener información sobre minerales, frente a otras fuentes o documentos. Una explicación a esta opinión positiva puede ser que disponen de mayor volumen de información en el servidor (por ejemplo, relativa a imágenes). Otra explicación es que tienen mayor facilidad de acceso (quizá se deba de hablar más de comodidad que de facilidad) y que ven superadas o paliadas algunas dificultades derivadas, en algunos de los alumnos, de los limitados conocimientos de mineralogía.

A partir de los resultados, se pueden establecer una serie de ventajas y desventajas con relación a la propuesta. Entre las ventajas, se puede destacar el potencial didáctico y de información que suponen las TIC frente a otros recursos de información y el relativo fácil acceso de las TIC. Asimismo, la existencia tanto de equipos informáticos como de colecciones de minerales en los centros de Educación Secundaria facilita la facilidad de organización de la sesión. A pesar de utilizar TIC, no se dejan de utilizar recursos materiales (en este caso minerales) con lo que se sigue explotando la posibilidad de manipular e identificar propiedades de minerales en la mano. Se utiliza el poder de atracción de ambos recursos (minerales en la mano y TIC, cada uno en su ámbito) como motivación para el estudio de los minerales. Además, al tener elementos naturales en la mano, se evita dispersión en el ámbito digital, focalizando la atención en el material real.

Por otro lado, hay una serie de dificultades, más de carácter técnico que metodológico y conceptual, que suponen desventajas. Una de ellas es la relativa a la disponibilidad de material y equipamiento. Puede ocurrir que no se disponga de colección de minerales, de suficientes equipos informáticos o de conexión a Internet. Otras dificultades están relacionadas con el ámbito organizativo, donde el profesor debe considerar el tiempo de dedicación para preparar las colecciones de minerales, los equipos informáticos y la verificación de la propuesta.

## CONCLUSIONES

Se ha diseñado una propuesta para los alumnos del Máster de Profesor de Educación Secundaria, Bachillerato, Formación Profesional y Escuela Oficial de Idiomas especialidad Biología y Geología, en la Facultad de Educación y Trabajo Social de Valladolid, en la que se combinan dos tipos de recursos didácticos para la enseñanza de la mineralogía para contribuir a mejorar su competencia profesional en ese ámbito. Se propone realizar, inicialmente, una determinación de minerales en muestra de mano y, posteriormente, realizar la determinación con otros minerales, pero ayudados con un servidor de minerales de la Universidad de Valladolid. Al finalizar la sesión se hizo una comparativa de ambos procedimientos. Tras aplicar la propuesta, el éxito didáctico fue elevado, deducido a partir de la satisfacción manifestada por los alumnos y la observación durante la sesión. No obstante, se perciben una serie de dificultades como son los limitados conocimientos sobre mineralogía y limitadas habilidades manipulativas de gran parte del alumnado y el omnipresente riesgo de fallo técnico.

Por otro lado, se ha observado que el funcionamiento del servidor, para este tipo de actividad, es más efectivo y resolutivo con ejemplares y especies que presenten características bien definidas.

Como propuesta de mejora y acción futura, se pretende adaptar el servidor de minerales de la Universidad de Valladolid a usos docentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COLL, C. (2010). Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. En CARNEIRO, R., TOSCANO, J. C. Y DÍAZ, T. (coords.), *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo*. OEI-FUNDACIÓN SANTILLANA, pp. 113-126.
- FRANCO, P. Y GONZALO, J. C. (2000). Taller de petrología: enseñanza de la petrología con el microscopio petrográfico. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, 8 (1), 38-47.
- GALLEGOS, J. A. (1997). Identificación «de visu» de rocas y minerales. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, 5 (2), 117-123.
- JIMÉNEZ-MILLÁN, J., ALFARO, P., MUÑOZ, C., CAÑEVERAS, J. C., ALFARO, N., GONZÁLEZ, M., LÓPEZ, J. A. Y ANDREU, J. M. (2008). *Actividades didácticas con minerales y rocas industriales*. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, 16 (3), 295-308.
- MEC (1981). *Ciencias de la naturaleza (I)*. Guía para el desarrollo de actividades y experiencias. SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN. Serie EGB n.º 5, p. 151.
- MEC (2013). *Proyecto biosfera*. [[http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/profesor/proyecto\\_biosfera.htm#METODOLOGÍA\\_DIDÁCTICA](http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/profesor/proyecto_biosfera.htm#METODOLOGÍA_DIDÁCTICA)] Consultado 30 de mayo de 2014.
- MINDAT (2014). <http://www.mindat.org/> Consultado 10 de junio de 2014.
- MINERALOGY DATABASE (2014): <http://webmineral.com/> Consultado 10 de junio de 2014.
- PRENDES, M.P. (2007). Internet aplicado a la educación: estrategias didácticas y metodologías. En CABERO, J. (coord.), *Nuevas tecnologías aplicadas a la educación*. Madrid, McGraw-Hill, pp. 205-222.
- STRUNZ, H. Y NICKEL, E.H. (2001). Strunz Mineralogical Tables. *Chemical Structures Mineral*. 9.ª ed. Stuttgart, p. 314.
- UNESCO (1978). *Nuevo manual de la UNESCO para la enseñanza de las ciencias*. EDHASA, p. 288.
- UVA (2014). *Servidor de minerales de la Universidad de Valladolid*. [<http://greco.fmc.cie.uva.es/>] Consultado 10 de junio de 2014.

VASCONCELOS, C., BARBOSA, J., OLIVEIRA, A., ARAÚJO, A., FERNANDES, A., AZEVEDO, A., MARQUES, C., REIS, D., TIXEIRA, D., CAMPOS, J., MOTA, M., MARTINS, R., BRAZ, D., CANÁRIO, R. Y ROXO, A. (2012). Identificar minerales utilizando los sentidos. En SARMIENTO, A., CANTANO, M. Y ALMODÓVAR, G. (eds.). *Comunicaciones del XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología*. Huelva, Ed. Universidad de Huelva, pp. 310-313.



# FLIPBOARD. CREACIÓN DE UNA REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y COASOCIATIVA EN EL AULA

José Luis Díaz León

*Profesor de Secundaria de Biología y Geología del colegio Sagrado Corazón de Fuencarral  
28034 Madrid  
josete1502@gmail.com*

**Palabras clave:** Revista, coasociativo, divulgación, habilidades, aplicación educativa.

**Keywords:** magazine, coassociative, divulgation, habilities, education application.

## Resumen

La educación no se puede quedar al margen de la realidad de nuestros alumnos fuera del aula y de su interacción constante con las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Por lo tanto, debemos enseñarles las posibilidades que tienen estas para aprender y conocer el mundo que les rodea a la vez que aprenden contenidos científicos. Presento la experiencia realizada con la aplicación Flipboard para la elaboración de una revista científica cooperativa e interactiva en el aula y las justificaciones pedagógicas que avalan su utilidad pedagógica.

## Abstract

Education cannot remain out of the reality of our pupils out of the classroom and his constant interaction with the technologies of the information and the communication. Therefore, we must teach them the possibilities that have these to learn and to know the world that surrounds simultaneously that learn scientific contents. I present the experience realized with the application Flipboard for the production of a scientific cooperative and interactive magazine in the classroom and the pedagogic justifications that support his pedagogic usefulness.

## INTRODUCCIÓN

En el marco educativo europeo, se plantea la lectura como comprensión, utilización y reflexión sobre textos para alcanzar metas propias, desarrollar conocimiento y potencial propios y así como para participar en la sociedad (OECD).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> OECD (2003). *Learning for tomorrow'sWorld: First results from PISA 2003*. París, OECD Pub. Service.



Estar interesado en leer y, además, ser capaz de leer significativamente textos de ciencias o de divulgación científica parece fundamental para poder participar en una sociedad en la que la ciencia avanza tan rápidamente (Sardà).<sup>2</sup> Así pues, la escuela debería estimular el placer por la lectura de textos de divulgación científica, facilitando su comprensión con la práctica conjunta de inferencias, estimulando la capacidad crítica, buscando, en definitiva, un acercamiento progresivo al modelo de comprensión crítica.

La experiencia que presento aquí no es nada novedosa en el fondo, porque consiste en la creación de una revista de ciencias, pero sí lo es en la forma, lo que le da un plus de motivación e interactividad y lo enlaza con un mundo, el digital, que está presente en el día a día de nuestro alumnos, la denominada Generación Net, según Tapscott,<sup>3</sup> o los nativos digitales, según Marc Prensky.<sup>4,5</sup>

## QUÉ ES FLIPBOARD

Flipboard es un software de agregación social en formato de revista originalmente diseñado específicamente para el iPad en diciembre de 2010. La aplicación (a partir de ahora app) se ha actualizado para añadir soporte para dispositivos Android en 2012, permitiendo en todo momento su edición a través de la página Web de Flipboard.<sup>6</sup>

Es una buena manera de introducir el uso de los smartphones en las aulas. Los alumnos pueden descargarse la aplicación para elaborar la revista e ir agregando los contenidos que quieran desde las propias revistas que estén asociadas al programa o desde cualquier página Web, incluidos blogs.

En un principio es solo una revista de agregación de contenidos –un corta y pega de noticias–, aunque las posibilidades futuras son bastante más ambiciosas y potentes en educación para que sean los propios alumnos los que vayan creando su propio contenido y lo compartan a través de esta aplicación.

La palabra Flip viene de la manera en la que se pasan o voltean las páginas de la revista digital, desplazando los dedos por la pantalla como si fuera una revista de papel.

## DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Comenzamos la experiencia en el mes de octubre, recién empezado el curso, como primeros pasos de un proyecto mayor que estamos iniciando en nuestro centro: la implantación del aprendizaje con iPads basándonos en el aprendizaje cooperativo de Marc Prensky.

Yo quería ir introduciendo tecnologías nuevas en mis asignaturas y se me ocurrió que esta app colaborativa sería idónea para trabajar en mi grupo de Biología y Geología de 1.º de Bachillerato. El número de alumnos del curso era ideal para el desarrollo de la experiencia, son 7 alumnos estupendos y motivados, lo que me permitía conocer las posibilidades de la app y poder ir introduciendo variaciones en su desarrollo sin mucha problemática y sin la complejidad que aporta un gran grupo.

Los alumnos recibieron con gran ilusión la propuesta de la actividad y fueron introduciendo soluciones a los distintos problemas que iban apareciendo. El primer problema fue el de una alumna que carecía de

<sup>2</sup> SARDÀ J. (2006). Cómo promover distintos niveles de lectura de los textos de ciencias. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 5 N.º 2. p. 290.

<sup>3</sup> TAPSCOTT, DON (2008). *Cómo la generación Net está cambiando al mundo*. Barcelona, McGraw-Hill.

<sup>4</sup> PRENSKY, M. (2011). *Enseñar a nativos digitales*. Madrid, Ediciones SM.

<sup>5</sup> PRENSKY, M. (2011). Homo sapiens digital: de los inmigrantes y nativos digitales a la sabiduría digital. En APARICI R. (coord.), *Conectados en el ciberespacio*, Madrid, Ed. UNED, pp. 93-107..

<sup>6</sup> <https://flipboard.com>

smartphone que le permitiese alojar la app en el móvil, con lo cual nos dispusimos a probar la versión web para ver si era igual de efectiva que la app. Problema resuelto, porque tiene las mismas funcionalidades.

El siguiente paso fue abrir una revista común, denominada *Biólogos en clase*, en la cual yo era el propietario y mis alumnos los contribuyentes. El software permite ser contribuyente de una revista común y, además, ser propietario de tantas revistas como se quiera. Este dato lo comento porque acabo de conocer que mis alumnos tienen varias revistas propias sobre temas variados que les interesan y que comparan con otros a través de la misma aplicación.

Ser el propietario permite conocer al instante cuándo un contribuyente agrega una nueva publicación, lo que ayuda a llevar un seguimiento de cara a la evaluación.

Una vez dados todos de alta, con un mail de contacto y una contraseña, comenzamos el proceso de creación común. El procedimiento es sencillo: consiste en buscar a lo largo de revistas alojadas en la propia aplicación noticias científicas de divulgación y agregarlas a nuestra revista para ser leídas por nosotros. Este fue el proceso de creación básico, porque desde el mes de enero agregamos noticias procedentes de páginas Web y de blogs de ciencias que vamos encontrando, con lo cual la cantidad de noticias que podemos agregar es infinita.

Para que no quedara en una mera agregación de noticias, similar a un retweet de Tweeter, todos los viernes programamos pequeñas sesiones formativas sobre las noticias que cada uno había colgado en la revista común. En esa presentación, el alumno contribuyente tenía que explicar a sus compañeros la noticia agregada, con lo que estaba obligado a entenderla y no simplemente a leerla y copiarla.

A partir del mes de diciembre comenzamos a divulgar la revista y las noticias agregadas a través de Tweeter para animar a alumnos de otros cursos a seguir la revista y cooperar con nosotros. En las primeras semanas tuvimos mucho éxito, basándonos en los flideos u hojeos de los artículos; pero el éxito decayó rápidamente por no existir un *feedback* correcto entre nosotros y los lectores. Esta es un área de mejora para sucesivas ediciones por su capacidad de difusión y conectividad.

## ARGUMENTOS PEDAGÓGICOS

Voy a distinguir tres categorías de argumentos que respaldan el uso didáctico de la experiencia: unos son las capacidades a desarrollar según el currículum oficial, otras son las habilidades de pensamiento desarrolladas basándose en la Taxonomía digital de Bloom (adaptada a las nuevas tecnologías) y, por último, las habilidades trabajadas según el aprendizaje coasociativo de Marc Prensky.

Si releemos los objetivos presentes en el REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre,<sup>7</sup> por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus Enseñanzas Mínimas, nos encontramos con una serie de objetivos que esta aplicación ayuda a fomentar:

Desarrollar actitudes que se asocian al trabajo científico, tales como la búsqueda de información, la capacidad crítica, la necesidad de verificación de los hechos, el cuestionamiento de lo obvio y la apertura ante nuevas ideas, el trabajo en equipo, la aplicación y difusión de los conocimientos, etc., con la ayuda de las Tecnologías de la Información y la Comunicación cuando sea necesario.

- **Búsqueda de información:** los alumnos tienen que realizar una doble búsqueda. Por un lado, suelen leer tres artículos por cada uno que agregan, lo que obliga a buscar activamente los artículos que les interesan. Por otro, deben utilizar herramientas como buscadores o diccionarios on line para dar

<sup>7</sup> 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, 6 de noviembre de 2007 - BOE núm. 266.

sentido a ciertas palabras o conceptos que ignoran y no comprenden en su totalidad, no solo para entender el artículo y su relevancia, sino a la hora de presentarlo a los compañeros.

- **Capacidad crítica:** se observó un fomento de la misma a la hora de seleccionar las fuentes de las que extraían las noticias. En un principio agregaban cualquier noticia de cualquier fuente y luego se fueron especializando, teniendo revistas o Webs de referencia del estilo de revistas científicas, blogs de ciencia, artículos de universidades, etc.
- **Necesidad de verificación de hechos y cuestionamiento de lo obvio:** esta habilidad se une a la anterior y se pone de relieve a la hora de realizar las presentaciones de los artículos porque suelen asegurarse de la veracidad del mismo. Aquí se ha tenido que luchar con la idea de que cualquier cosa que aparece en Internet es verdadera, como pasó hace tiempo con la televisión (BERNAL, B.).<sup>8</sup>
- **Apertura a nuevas ideas:** este aspecto se ha podido trabajar extensamente porque ha permitido que los alumnos conozcan ideas, investigaciones científicas y la manera en la que se avanza en ciencia de una forma natural y motivadora. Como algún alumno decía: «Ni me podía imaginar todo lo que se está haciendo y cómo lo hacen». La especialización por áreas de trabajo, en las cuales cada alumno buscaba un ámbito de la ciencia que le interesaba, ha aumentado el conocimiento de ideas nuevas.
- **El trabajo en equipo y difusión de los conocimientos:** aunque en un principio la herramienta es de uso individual, la posibilidad de compartir las noticias y la necesidad que tienen los alumnos de la Generación Net de comunicar con sus iguales ha permitido un trabajo en equipo a través del cual se comunicaban noticias que estaban fuera de su ámbito de especialidad para que fueran los especialistas los que las agregaran. Además, la experiencia de Twitter ha permitido compartir noticias, aunque no hayamos explotado esa posibilidad correctamente.
- **Con la ayuda de las Tecnologías de la Información y la Comunicación:** este es un objetivo cumplido ampliamente porque han tenido que utilizar diversos medios para elaborar la revista y buscar los contenidos: smartphones, ordenadores, tabletas o iPads.

Si seguimos la lista de habilidades del pensamiento que podemos fomentar en la educación siguiendo la Taxonomía digital de Bloom,<sup>9</sup> podemos distinguir las siguientes adiciones digitales desde las de orden inferior a superior:

**RECORDAR.** Esta habilidad es básica para el estudiante aun siendo de bajo nivel, y se puede reforzar utilizando actividades de nivel superior.

Clave para este elemento de la taxonomía en medios digitales es la recuperación de material.

Las adiciones digitales a esta categoría trabajadas en la experiencia Flipboard son:

- *Resaltar.* Aunque se entiende por resaltar palabras en textos a modo de advertencia de palabras importantes, en la revista digital podemos asemejarlo a marcar un artículo como importante.
- *Marcar o favoritos.* En este proceso los estudiantes marcan sitios en la Web, recursos y archivos para usarlos en el futuro para ser enlazados en la revista. Hay una búsqueda de noticias y guardan en «sus favoritos» del navegador las que resultan importantes.
- *Redes sociales.* Es en ellas donde las personas desarrollan redes de amigos y asociados. Al ser Flipboard una herramienta colaborativa desarrollan esa habilidad. Más aún si se la complementa con la

<sup>8</sup> BERNAL BRAVO, C. (2011). Una generación de usuarios de medios digitales. En APARICI R. (coord.), *Conectados en el ciberespacio*. Madrid, Ed. UNED, pp. 107-135.

<sup>9</sup> CHURCHES A. (2010). *Taxonomía de Bloom para la era digital*. <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomDigital.php>

capacidad que tiene la app de hacer comentarios de los artículos y enlazarlos a redes sociales tipo Facebook o Tweeter.<sup>10</sup>

- *Construcción colectiva de repositorios de favoritos.* Es una versión en línea de marcar o de favoritos locales ya que puede aprovechar otros marcadores y etiquetas. En sí Flipboard es eso: un repositorio de enlaces compartidos.
- *Buscar o «googlear».* Actualmente los motores de búsqueda son elementos fundamentales en la investigación de los estudiantes. En la madurez de la experiencia, cuando ya se domina la búsqueda de artículos en la propia revista, los alumnos buscan noticias fuera de ella utilizando buscadores que les permitan seleccionar los artículos que les interesan. En las primeras fases utilizan el buscador de la propia app que les permite buscar artículos en las revistas asociadas.

**COMPRENDER.** La comprensión construye relaciones y une conocimientos. Los estudiantes entienden procesos y conceptos y pueden explicarlos o describirlos. Pueden resumirlos y parafrasearlos con sus propias palabras. Comprender es establecer relaciones y construir significado.

Las actividades que fomentan ciertas habilidades de comprensión son:

- *Búsqueda Avanzada y Booleana.* Este es un avance respecto de la categoría anterior. Los estudiantes deben tener una comprensión más profunda de los navegadores para poder crear, modificar y refinar búsquedas que se adapten a sus necesidades. Me refiero a códigos como: “ ,+... etc., necesarios para especificar las búsquedas.
- *Periodismo en formato de blog.* Este es el uso más sencillo de un blog, donde un estudiante escribe un diario personal o un diario sobre una tarea específica. Esto muestra una comprensión básica de la actividad que se está reportando. El blog contribuye a desarrollar pensamiento de orden superior cuando se usa para discutir y colaborar. Esta es una habilidad que se puede utilizar con otros cursos inferiores en la que los alumnos agreguen noticias a su blog personal donde se les puede pedir que comenten y discutan los mismos. Serían dos niveles de colaboración: uno, la revista para cursos superiores y otro, el blog, que seleccione ciertas noticias de la revista.
- *Comentar y anotar.* El alumno desarrolla comprensión simplemente al hacer comentarios sobre las noticias, los cuales pueden ser contestados por los contribuyentes directamente en la revista o en redes sociales.
- *Suscribir.* Suscribirse al servicio RSS de un sitio permite utilizar la marcación en sus diversas formas y lleva la lectura simple a un nivel más elevado. El acto de suscribirse, por sí mismo, no demuestra o desarrolla comprensión, pero con frecuencia, el proceso de leer y revisar nuevamente lo escrito o publicado en las entradas conduce a una mayor comprensión. Los alumnos pueden suscribirse a estos servicios para estar más al día sobre la actualidad. La desventaja de estos servicios es que no fomentan la búsqueda proactiva, son otros los que seleccionan por ellos.

**APLICAR.** Aplicar es llevar a cabo o utilizar un procedimiento durante el desarrollo de una representación o de una implementación. Aplicar se relaciona y se refiere a situaciones donde material ya estudiado se usa en el desarrollo de productos tales como modelos, presentaciones, entrevistas y simulaciones.

Las adiciones digitales trabajadas:

- *Correr y operar.* Se refiere a la acción de iniciar un programa. Consiste en operar y manipular hardware y aplicaciones informáticas (software) para alcanzar un objetivo básico o un resultado específico. Esta es una habilidad básica necesaria en la experiencia propuesta para utilizar herramientas como busca-

<sup>10</sup> OSUNA, S. (2011). Interactuantes e interactuados en la Web 2.0. En APARICI R. (coord.), *Conectados en el ciberespacio*, Madrid, Ed. UNED, pp. 135-151.

dores, navegadores, documentos en diversos formatos, presentaciones, apps específicas o podcast de radio...

- *Cargar y Compartir.* Se refiere a subir materiales a sitios Web. En sí el programa Flipboard es lo que hace.
- *Editar.* En la mayoría de los medios, la edición es un proceso o un procedimiento empleado por un editor que puede ser de texto o de presentaciones. A la hora de presentar y explicar a sus compañeros los artículos se les permite utilizar cualquier herramienta que deseen.

**ANALIZAR.** Es descomponer en partes materiales o conceptuales y determinar cómo estas se relacionan entre sí, o con una estructura completa, o con un propósito determinado. Las acciones mentales de este proceso incluyen diferenciar, organizar y atribuir; así como la capacidad para establecer diferencias entre componentes.

Las adiciones digitales a esta categoría desarrolladas por la app serían:

- *Enlazar* diversos artículos procedentes de varias Webs a nuestra revista e indexar esos enlaces a las redes sociales para su distribución.
- *Cracking:* El *cracking* requiere de quién lo lleva a cabo entender y manejar a fondo la aplicación o sistema que está utilizando. En los niveles de trabajo de los que hablamos, llegamos a un nivel de usuario avanzado, pero no se pretende nada más. Sí que es cierto que entre todos, como ejemplo de trabajo coasociativo (ver más adelante), analizamos las fortalezas y debilidades del programa para prever problemas futuros, pero no alcanzamos ese nivel.

**EVALUAR.** Hacer juicios basándonos en criterios y estándares utilizando la comprobación y la crítica. Como ejemplos tenemos:

- *Comentar y reflexionar.* Cuando los estudiantes comentan y responden a las publicaciones (entradas), deben evaluar el material dentro de un contexto y responder a este.
- *Publicar.* Aquí nos referimos a realizar y publicar comentarios de las publicaciones, participar en grupos de discusión, participar en discusiones en cadena, además de la publicación de los artículos enlazados. Podemos decir que hay dos niveles de trabajo: uno básico, que sería la selección y publicación, y otro de elaboración de comentarios y opiniones.
- *Moderar.* Esto se refiere a evaluación de alto nivel, en la que el evaluador debe ser capaz de valorar una publicación o comentario desde varias perspectivas, evaluando su mérito, valor o pertinencia. Esta habilidad la desarrollamos, dentro del nivel del que hablamos de 1.º de Bachillerato, cuando hacemos la puesta en común de los artículos en la que se establece algún debate y relaciones con artículos anteriormente publicados.
- *Colaborar y trabajar en la Red.* La colaboración es una característica cada vez más importante de la educación. En un mundo cada vez más enfocado en la comunicación, la colaboración conducente a la inteligencia colectiva es un aspecto clave. Trabajar en Red es una característica de la colaboración, pues permite contactar y comunicarse con la persona apropiada mediante redes de trabajo de asociados. Los alumnos no solo se comunican por comentarios en los artículos, sino que se pasan enlaces unos a otros para aumentar las publicaciones. Como están especializados en áreas de conocimiento, el alumno que encuentra algo que le sirve a otro se lo comunica y comparte.
- *Probar* las aplicaciones, procesos y procedimientos es un elemento clave en el desarrollo de cualquier herramienta. Para ser efectivo ensayando o probando, se debe tener habilidad para analizar el objetivo/función que debe cumplir la herramienta o el proceso, cuál debería ser su forma correcta de funcionar y cómo está funcionando en la actualidad. Como he dicho antes, los alumnos probaron la

idoneidad de la herramienta antes de usarla de manera habitual por ser los «expertos tecnológicos» (ver más adelante).

- *Validar.* Con la abundancia de información a disposición de los estudiantes combinada con la falta de autenticación de los datos, los estudiantes de hoy y del mañana deben tener la capacidad de validar la veracidad de sus fuentes de información. Esta habilidad ha sido bien desarrollada y se ha visto una evolución en ellos: al principio de la experiencia enlazan lo primero que leen, pero semanas después, seleccionan sus fuentes entre las revistas científicas de referencia. Diferencian entre las noticias sensacionalistas, científicas y las de divulgación.

**CREAR.** Juntar los elementos para formar un todo coherente y funcional; generar, planear o producir para reorganizar elementos en un nuevo patrón o estructura. Esta es la habilidad de mayor orden y es la que menos se ha trabajado en esta experiencia, pero es la que tiene mayor potencial para nuestros alumnos. Por esa razón es una propuesta de mejora el potenciarla en siguientes años.

La manera en la que se puede trabajar sería:

- *Filmar y producir* un vídeo, emitir audio, mezclar y remezclar. Estos se refieren a la tendencia creciente de usar y tener disponibles herramientas multimedia y de edición multimedia. Con frecuencia los estudiantes capturan, crean, mezclan y remezclan contenidos para generar productos únicos. Se podría proponer realizar un programa televisivo de noticias para ser visto en otros cursos a modo de *Informe Semanal*.
- *Publicar.* Esta habilidad se ha desarrollado levemente en su sentido estricto aquí como forma de creación. Es posible elaborar blogs de las noticias a modo de periódico para ser comunicado a otros cursos en un proyecto mayor que integre a varios cursos y en los que se trabajen aspectos distintos según su edad y conocimientos.

La tercera pata argumentativa de la actividad sería el aprendizaje coasociativo de Marc Prensky, en el cual me inspiré para elegir, planificar y desarrollar la actividad.

En líneas generales, este autor define este aprendizaje como una relación entre dos partes –profesor y alumno– en la que aprenden uno del otro de las habilidades que más tienen desarrolladas cada uno. Por un lado, está el alumno, experto en tecnología, y por otro el profesor, experto en conocimiento.

Integra en este aprendizaje una multitud de herramientas que podemos utilizar en las aulas como el trabajo cooperativo, el aprendizaje basado en retos o proyectos, *Flipped classroom*, etc. Todas son herramientas que buscan que el alumno aprenda por sí mismo, solo o en grupos, contestando preguntas y resolviendo problemas con la ayuda, orientación y guía del profesor.

Para ello el papel de la tecnología queda clara: es tarea del alumno usarla, y no del profesor, y corresponde a este último valorar la calidad de su uso en función del producto elaborado.

Como el tema de esta ponencia no es desarrollar una explicación de esta clase de pedagogía, recomiendo la lectura de los libros publicados por este autor para que cada uno busque las conexiones y posibilidades con su ambiente de aplicación en clase. En este artículo comentaré solamente las relaciones con la experiencia Flipboard.

La elección de la aplicación y la planificación del proyecto la hace el profesor, mientras que es él el que aprende sobre las funcionalidades y posibilidades de la misma de mano de los alumnos. Eso nos pasó con las posibilidades, descubiertas por ellos: realizar comentarios en los artículos publicados, enlazar con Webs externas a la aplicación, Tweetear las noticias, agregar nuevas revistas personales basadas en perfiles de propietario, etc.

La manera en la que nos organizamos a través de seminarios a final de la semana para comentar las noticias es otro ejemplo de coasociación, en la que, a partir de la necesidad de compartir las noticias y evaluar la cantidad y calidad, surgió la manera de poderlo hacer siendo ellos los que valoran sus intervenciones y los artículos flipados. En sucesivas ediciones pretendo incorporar las rúbricas como herramienta de evaluación.

Con respecto a las habilidades desarrolladas en el proyecto de revista digital, Prensky diferencia lo que denomina como verbos –habilidades– y sustantivos –herramientas digitales que se pueden utilizar–. Básicamente viene a decir que aprendemos habilidades –verbos– usando herramientas –sustantivos– mediante la búsqueda y adquisición de contenidos.

Como en los anteriores apartados he explicado algunas de las habilidades trabajadas y cómo se han desarrollado, ahora solo las nombraré según la clasificación de Prensky para no ser reiterativo.

- Verbos para buscar información y gestionarla: analizar, explorar, leer, buscar y encontrar, verificar, ver y escuchar.
- Verbos para pensar eficazmente: decidir, evaluar, plantear preguntas éticas, reflexionar, pensar de forma crítica y lógica.
- Verbos para comunicar y presentar: informar, colaborar, conectar, cooperar, debatir, dialogar, compartir, escribir, escuchar.
- Verbos para construir y crear: personalizar, combinar, planificar y diseñar.

## EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Siguiendo lo dicho por Mark Prensky –«es importante que los alumnos comprendan que están aprendiendo habilidades y no solo hechos y contenidos»– me decidí al final del curso a realizar una evaluación conjunta de la experiencia de la revista con mis alumnos, abordando las habilidades que habían estado trabajando más allá de los contenidos conocidos.

Sorprende ver que las propuestas de habilidades no distan mucho de los aprendizajes expuestos anteriormente, salvando las distancias taxonómicas y terminológicas.

La evaluación por mi parte ha sido algo más que satisfactoria, no solo por las habilidades trabajadas por los alumnos, sino por sentir que esta experiencia les ha motivado y les ha enseñado un mundo, el de la ciencia, que es accesible para ellos a través de los artículos de divulgación.

Siempre he pensado que la educación es fomentar el conocimiento y, ante todo, experiencias para recordar. Y trabajar con Flipboard nos lo ha permitido.

# LAS QRÉLULAS: MAQUETAS DE CÉLULAS, WEB2.0 Y CÓDIGOS QR

Rafael Miguel Maroto Gamero

rmaroto@educa.madrid.org

**Palabras clave:** Maquetas celulares, códigos QR, diversificación curricular, ámbito científico tecnológico, blogs educativos, TIC.

**Keywords:** Cell models, QR codes, curricular diversification, scientific and technological area, school blogs, ICT.

## Resumen

Las *QRélulas* es un proyecto desarrollado con alumnos del Ámbito Científico Tecnológico (ACT) de 3.º de Diversificación del IES Las Canteras (Collado Villalba, Madrid) durante el curso 2012-2013. Las *QRélulas* son maquetas de células cuyos componentes tienen incorporados códigos QR (códigos de respuesta rápida) que permiten acceder a la información de cada parte celular a través de un dispositivo móvil o de un ordenador. Cada código QR vincula a una entrada del blog de aula (<http://moladiver.blogspot.com.es/>) con la información correspondiente y creada por los alumnos con distintas herramientas de la Web2.0.

## Abstract

«Las *QRélulas*» (The *QRells*) is a project carried out by a sixteen-year-old group of 3rd year of the Diversification Programme, within the Scientific and Technological area, in Las Canteras High School (Collado Villalba, Madrid) during the academic year 2012-2013. «Las *QRélulas*» are cell models with QR codes (Quick Response codes) attached to each component. By using a mobile phone or any other device, we can access the information about the organelle in the classroom blog (<http://moladiver.blogspot.com.es/>), where the students created their own entries, applying different Web2.0 tools.

## INTRODUCCIÓN

Las *QRélulas* es un proyecto desarrollado durante el curso académico 2012-2013 con alumnos del Ámbito Científico Tecnológico (ACT) de 3.º de Diversificación<sup>1</sup> del IES Las Canteras (Collado Villalba, Ma-

---

<sup>1</sup> Los programas de diversificación curricular en Secundaria Obligatoria agrupan a alumnos con dificultades generalizadas de aprendizaje con riesgo de no alcanzar los objetivos de la etapa, por lo que tienen una metodología y unos contenidos adaptados a sus características y necesidades [Resolución 9793 de 12 de abril de 1996 de la Secretaría de Estado de Educación, por la que se regulan los programas de diversificación curricular en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria (BOE del 3 de mayo)].



drid). A través del proyecto hemos trabajado parte de los contenidos del ámbito utilizando las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y tratado de contribuir al desarrollo de las competencias básicas que los alumnos han de adquirir en este nivel educativo. Si bien los contenidos en los que se ha profundizado son los relativos a la célula (tipos de células, partes de las células, estructura y función de cada una de las partes, etc.), se han trabajado de forma transversal contenidos relativos a Matemáticas, Física y Química, Tecnología (todas incluidas en ACT), y Educación Plástica y Visual, en colaboración con el profesor de dicha materia.

Las *QRélulas* son maquetas de células (*Figura 1*) cuyos componentes tienen incorporados códigos *QR* (códigos de respuesta rápida) que permiten acceder a la información de cada parte celular a través de un dispositivo móvil o de un ordenador. Cada código *QR* vincula a una entrada del blog de aula (<http://moladiver.blogspot.com.es/>) con la información correspondiente al componente celular y creada por los alumnos con distintas herramientas de la Web2.0: el propio blog con texto, imágenes, presentaciones y vídeos obtenidos de distintas fuentes; mapas conceptuales creados con *Bubbl.us*; avatares animados con *Voki*, etc.



*Figura 1.* Maquetas de células (arriba) y *QRélulas* una vez puestos los códigos *QR* (abajo).

A lo largo de la presente comunicación se detallarán los objetivos del proyecto, las competencias básicas trabajadas, así como la metodología y secuenciación empleadas durante la realización del mismo. Finalmente se comentarán las características de las herramientas empleadas por los alumnos para llenar de contenidos el blog.

## OBJETIVOS

Los objetivos que nos planteamos a lo largo del proyecto han sido:

- Aplicar y usar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el ámbito docente.
- Desarrollar las competencias básicas de los alumnos a través del aprendizaje por descubrimiento.
- Trabajar determinados contenidos del ACT de Diversificación Curricular.
- Buscar, analizar y seleccionar la información a través de las TIC.
- Preparar y exponer contenidos.

## COMPETENCIAS BÁSICAS

El planteamiento de la actividad permite el desarrollo, en mayor o menor grado, de las competencias básicas<sup>2</sup> que detallamos a continuación:

- Comunicación lingüística, tanto oral como escrita según las herramientas empleadas.
- Matemática, principalmente en el uso de escalas para hacer las maquetas.
- Conocimiento e interacción con el medio físico, competencia específica del área de Ciencias de la Naturaleza incluidos en el ACT y que engloba los contenidos trabajados.
- Tratamiento de la información y la competencia digital, a través del uso de las herramientas TIC empleadas y la selección de contenidos.
- Social y ciudadana, al trabajar en grupo, tener que colaborar para sacar el proyecto adelante y a través de las ayudas tanto aportadas como recibidas.
- Cultural y artística, con la creación de las maquetas y las entradas realizadas en el blog.
- Aprender a aprender; debido a que han tenido que aprender a manejar las herramientas TIC, han realizado esquemas de los contenidos, se han implicado en el aprendizaje, etc.
- Autonomía e iniciativa personal, a lo largo de todo el proyecto dando propuestas, participando activamente, empleando su creatividad, etc.

## METODOLOGÍA

A lo largo de todo el curso se ha tratado de actuar dando el protagonismo del trabajo a los alumnos. De esta manera, el blog ha sido gestionado por ellos mismos, siendo el profesor el supervisor de las actividades que realizaban. De esta manera hemos tratado de evitar que fuera simplemente una herramienta utilizada por el profesor para marcarles las tareas y ponerles los contenidos. Así, han tenido que aprender cómo acceder, crear las entradas, poner etiquetas, incrustar recursos utilizando el código embed, etc. Asimismo han utilizado herramientas de la Web2.0 para la creación de contenidos multimedia a partir de unas explicaciones básicas de funcionamiento. Hay que decir que en ocasiones se ha utilizado más tiempo del esperado tratando de mejorar o perfeccionar el resultado obtenido (sobre todo a la hora de crear sus avatares personalizados y en las grabaciones de voz realizadas). En definitiva, se ha tratado de darles la mayor autonomía posible a la hora de participar en el proyecto, incluso reconduciendo la idea original, ya que fueron ellos los que propusieron la creación de las maquetas sobre las células.

## SECUENCIA

El desarrollo del proyecto se ha llevado a cabo en tres fases claramente diferenciadas:

Durante la **Fase I** planteamos el proyecto tanto a la dirección del centro como a las familias, con el objeto de autorizar la creación de cuentas de correo electrónico y de las distintas herramientas que se iban a utilizar. A continuación se diseñó el blog de aula, se planificó la forma de trabajo, se plantearon las normas de uso, etc. Con el objeto de minimizar el número de cuentas, se seleccionó Gmail como correo electrónico y Blogger para desarrollar el blog. Una vez creadas las cuentas, empezamos con el aprendizaje básico de las herramientas: procesadores de texto, programas de presentación, hojas de cálculo (incli-

---

<sup>2</sup> REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las Enseñanzas Mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.

das en el currículo de ACT), blogs, correo electrónico, *Voki*, *Bubbl.us*... Con el objeto de tener localizados y poder acceder de forma rápida a los distintos programas que se iban a utilizar, en uno de los *gadgets* del blog se enlazaron las páginas de dichos programas, resultando para ellos de gran utilidad. En ocasiones el aprendizaje de las destrezas TIC es más lento de lo deseado en los alumnos incluidos en el programa de diversificación, tal como hemos constatado con anterioridad (MAROTO, 2011<sup>3</sup>), por lo que es preferible no tratar de abarcar muchos programas simultáneamente. Asimismo, aunque la periodicidad del uso del aula de informática era semanal, ha sido frecuente la ralentización del trabajo por olvido de contraseñas, materiales, poca continuidad en casa, etc. En cualquier caso, la colaboración entre iguales es importante y suele funcionar bastante bien en este tipo de actividades, como en este caso ha ocurrido.

En la **Fase 2** se procedió a explicar el contenido relativo a la célula y sus componentes y se construyeron las maquetas en colaboración con la materia de Educación Plástica y Visual. Paralelamente, los alumnos hicieron búsquedas de contenidos y recursos relativos a la célula para ir creando entradas de las partes celulares que a cada uno le habían correspondido y utilizando la herramienta que en esos momentos se estuviera trabajando. Finalmente, por cada entrada se hizo un código QR, que se colocó en el lugar correspondiente de la maqueta.

Por último, en la **Fase 3**, los alumnos crearon material informativo sobre el blog y las herramientas utilizadas, el proyecto de las *QRélulas* y el uso de los códigos QR con el objeto de hacer un póster y una exposición temporal de sus maquetas en el instituto. Creemos que es fundamental que los alumnos, y en especial los que integran este tipo de programas curriculares, muestren al resto de la comunidad educativa sus logros y sus trabajos con el fin de mejorar y tratar de superarse en todo lo que hacen cuando ha de ser juzgado por otros, lo que a su vez incrementa su autoestima si reciben comentarios positivos. Como complemento, se hizo una página especial del proyecto en el blog de aula (<http://moladiver.blogspot.com.es/p/las-qrelulas.html>).

## RECURSOS

Todos los recursos utilizados son recursos gratuitos, o al menos parte de la aplicación, por lo que se puede hacer uso sin ningún tipo de desembolso económico. El único requisito consiste en darse de alta como usuario, cuyo requerimiento suele ser disponer de una cuenta de correo, un nombre de usuario y una contraseña.

- Correo electrónico *Gmail* ([www.gmail.com](http://www.gmail.com)): La creación de las cuentas de correo con Gmail nos permite utilizar dicha cuenta para otros servicios de Google con el mismo usuario y contraseña. Cada alumno ha creado su propia cuenta de trabajo, que además ha utilizado como medio de comunicación electrónica con el profesor.

Blog en *Blogger* ([www.blogger.com](http://www.blogger.com)): La creación del blog (<http://moladiver.blogspot.com.es/>) corrió a cargo del profesor con sugerencias de los alumnos en cuanto al nombre, formato, etc. Posteriormente se los incluyó como miembros del mismo con los permisos correspondientes para la creación de las entradas. Ninguno de ellos había trabajado anteriormente en un blog, por lo que se tuvo que explicar todo lo necesario para poder trabajar. Además de otras normas, como regla general, en cada entrada debían añadir etiquetas, siendo una de ellas su nombre, de manera que quedara patente los trabajos que hacía cada uno: trabajos escritos, inserción de imágenes, vídeos, presentaciones, etc. El formato final del blog presentaba 5 páginas (*Figura 2*): la Principal con las entradas; el Calendario donde se encontraban los eventos importantes de clase; Tareas TIC con las actividades que debían realizar en las sesiones de orde-

<sup>3</sup> MAROTO, R. M. (2011). [Diversoto.blogspot.com](http://Diversoto.blogspot.com): Blog de alumnos de Diversificación del IES Sierra de Guadarrama. En ALONSO, C. Y GALLEGU, D. J. (eds.) *Innovación Tecnológica y Gestión del Talento. XVI Congreso Internacional de Tecnologías para la Educación y el Conocimiento*. UNED. ISBN: 978-84-694-4994-3.

nadores; Blogueros, donde cada alumno se presentaba con una Voki personalizada; Las QRélulas, donde presentamos el proyecto una vez terminado.



Figura 2. Imagen del blog de los alumnos con las distintas páginas de contenidos.

- Voki (<http://voki.com/>) es un programa para crear avatares personalizados que hablan y se mueven. Los fondos y los personajes se pueden adaptar a los gustos de cada usuario y permite escribir un texto que será reproducido con el acento y tono que se elija, o bien hacer una grabación de voz que posteriormente nuestro avatar contará a los oyentes. En el primer caso, la falta de signos de acentuación o puntuación hace que la reproducción no sea la adecuada y los alumnos han de estar atentos para corregirlo. En el segundo caso, las grabaciones de voz realizadas hicieron que los alumnos prepararan sus textos y ensayaran e incluso repitieran algunas de ellas porque no estaban contentos con el resultado. El primero que hicieron fue para presentarse en el blog, poniendo un texto; lo más sorprendente fue el empeño que pusieron para tratar de hacer una imagen muy personal de ellos mismos (Figura 3).
- Bubbl.us (<https://bubbl.us/>) es un programa que permite hacer mapas conceptuales en línea y compartarlos o incrustarlos en web, blogs, etc., copiando y pegando el código embed que te proporciona, permitiendo además la interacción con dichos mapas (desplazamiento de conceptos, ampliación-reducción, etc.) en la página en la que se ponga (Figura 4). Previamente se habían trabajado los mapas conceptuales en clase, con lápiz y papel, lo que facilitó el trabajo al tener los conocimientos de cómo hacerlos y a la mayor simplicidad que representa hacerlo digitalmente, donde es más fácil mover los conceptos y cambiar los enlaces entre los mismos, así como elegir las formas y colores.

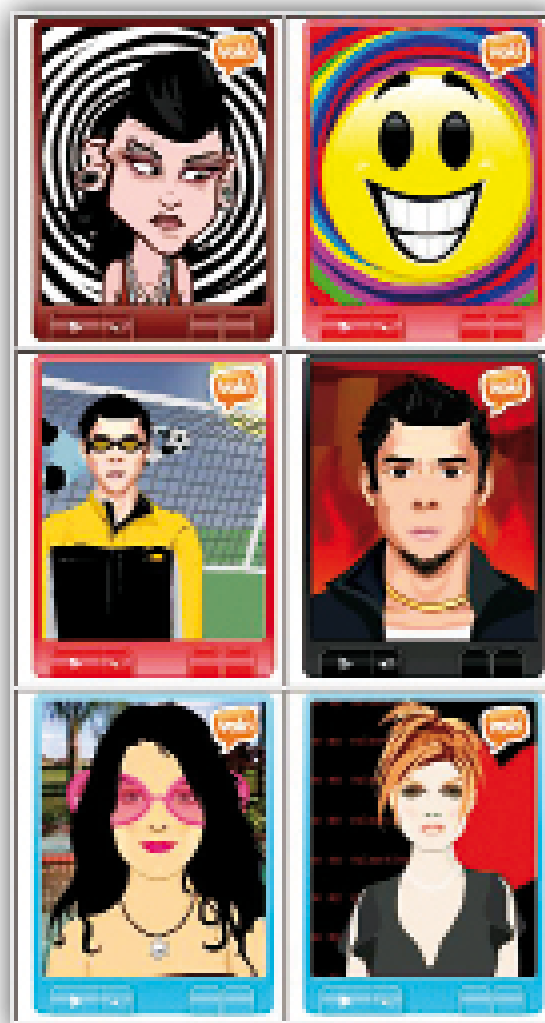
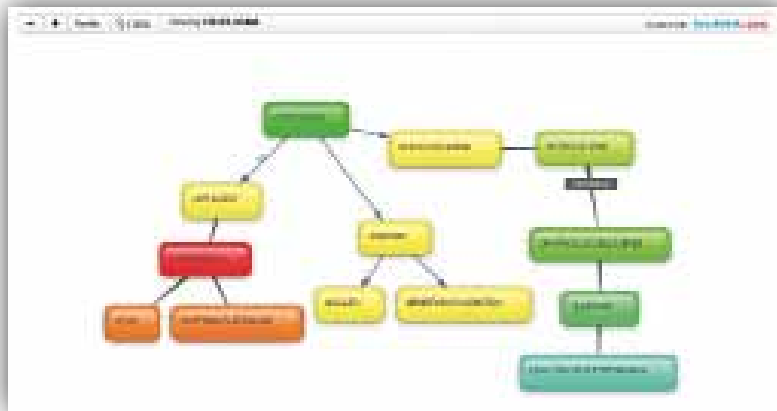


Figura 3. Avatares de los alumnos creados con Voki.

Figura 4. Ejemplo de mapa conceptual generado por un alumno con Bubbl.us.



- Generador de Códigos QR (<http://www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-qr/>). Una vez realizadas las entradas, se tenían que crear los códigos QR. Para ello se seleccionó uno de los múltiples servicios que hay en la Red que no tiene ningún requisito de registro. Basta con pegar la Url de la página a enlazar donde se indica y seleccionar el tamaño del código, que será en formato imagen para descargar o con código html que podemos incrustar donde queramos (Figura 5).



Figura 5. Código QR que vincula a la página del proyecto en el blog.

## CONCLUSIONES

El uso de las TIC en el aula nos ayuda a los docentes a alcanzar los objetivos que nos planteamos en nuestras materias y desarrollar determinadas competencias básicas en los alumnos con los que trabajamos. La combinación de contenidos teóricos, modelos tridimensionales y herramientas Web2.0 utilizadas en este proyecto ha implicado a los alumnos de forma activa en su propio conocimiento, dándoles el protagonismo del proceso enseñanza-aprendizaje y dejando el rol del profesor como orientador y guía del mismo. Utilizando códigos QR podemos acceder de forma rápida a través de dispositivos móviles a la información disponible en la red, por lo que, bien aprovechados, nos permitirán sacar un gran partido a los proyectos que planteamos a nuestros alumnos. Para ello no olvidemos que tenemos que implicarlos activamente en su elaboración.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido posible gracias al interés y a la participación de los alumnos Beatriz, Cristina, Gabi, Moha, Nico y Sami. Asimismo hay que agradecer a la Dirección del centro, especialmente a Ana González (directora) y Juana Torre (jefa de estudios), el apoyo al hacer la propuesta y la exposición del proyecto, a Javier Guzmán, profesor de Educación Plástica y Visual por su colaboración en la creación de las maquetas, a Susana Tablado, profesora del Ámbito Sociolingüístico, con quien he compartido alumnos y actividades, y a Concha Carrera, jefa del Departamento de Biología y Geología, por las sugerencias e intercambio de experiencias durante todo el curso.

# EXPERIENCIA INNOVADORA PARA EL ESTUDIO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA

Sandra Laso Salvador; Mercedes Ruiz Pastrana  
*Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación*  
*Universidad de Valladolid, Paseo de Belén 1. 47011 Valladolid*  
laso@dce.uva.es/ pastrana@dce.uva.es

**Palabras clave:** Innovación, enseñanza secundaria, fuentes de energía, TIC, medio ambiente.

**Keywords:** Innovation, secondary education, energy sources, TIC, environment.

## Resumen

Se ha elaborado una propuesta didáctica para el estudio de la energía en el segundo ciclo de Enseñanza Secundaria, con el propósito de estimular el interés y la motivación de los alumnos, facilitando la comprensión de dicho tema. Las actividades propuestas pretenden que los alumnos sean capaces de conectar con problemáticas de nuestro entorno utilizando técnicas y recursos que requieren la participación activa del alumnado, como corresponde a disciplinas de carácter experimental. Esto contribuye a que el alumno aprenda a pensar de forma autónoma y construya su propio conocimiento. Asimismo, se han diseñado actividades TIC, necesarias para la formación integral de los alumnos, y que aportan beneficios en diversos aspectos como el aprendizaje cooperativo y el autoaprendizaje.

## Abstract

A didactic offer has been elaborated for the study of energy throughout the Secondary Education period, with the intention of stimulating and fostering the interest and intrinsic motivation in students, in order to facilitate the comprehension of the mentioned topic. The proposed activities endeavour pupils to be capable of connecting and interacting with our problematic environment using technologies and resources which need an active participation from students, since these correspond to disciplines of experimental character. This contributes that the pupil learns to think in an autonomous manner and develops an independent learning, constructing his/her own knowledge. To this end, TIC activities have been designed, and which are necessary for the holistic education of the pupils, and contribute benefits in diverse aspects such as cooperative learning and the self-learning.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores logros del siglo XX fue la universalización de la educación en los países desarrollados. El reto del siglo XXI será conseguir que esa universalización no tenga fronteras políticas ni económicas.

Del mismo modo, en nuestros días la educación debe aspirar a adaptarse a las necesidades de todos y cada uno de los alumnos para conseguir sus objetivos de justicia y poder democratizador. Esta variedad viene marcada fundamentalmente por nuestras características físicas y psíquicas, cultura, origen, intereses, capacidades, religión, entorno y expectativas.

El objetivo de atender a la diversidad en la educación se enmarca en la filosofía de las competencias básicas, que nacieron con la Ley Orgánica de Educación (LOE) en 2006. Las competencias incluyen tanto el saber (conocimientos teóricos), como las habilidades (conocimientos prácticos) y las actitudes (compromisos personales). El verdadero objetivo de la enseñanza no es simplemente transmitir conocimientos, sino promover mecanismos de autoaprendizaje para adaptarnos a cualquier situación, problema o entorno de la vida real.

La propuesta didáctica que se presenta consiste en la programación de actividades para la asignatura de Física y Química, y en concreto para el tema de «Las fuentes de energía», impartido en el segundo ciclo de Enseñanza Secundaria Obligatoria.

## OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este trabajo es dar a conocer las principales fuentes de energía, tanto renovables como no renovables, mediante la aplicación de distintas metodologías a los alumnos del segundo ciclo de la ESO.

Este objetivo principal se puede desglosar en una serie de objetivos más específicos, que son:

- Diagnosticar la situación actual de las fuentes de energía en España y en el resto del mundo, así como un conocimiento de las mismas.
- Diseñar, planificar y evaluar los recursos más adecuados a cada una de las fuentes de energía que se va a estudiar, teniendo en cuenta si es un tipo de energía ya previamente conocida o no por el alumnado, o si se puede llevar a cabo una experiencia que simule su funcionamiento.
- Exponer los contenidos a los cursos del segundo ciclo de ESO, así como evaluar la metodología empleada mediante una encuesta a los alumnos.
- Y establecer cuáles han sido las conclusiones obtenidas y las líneas de mejora identificadas en el estudio de la adaptación y aplicación de las metodologías.

## ACTIVIDADES

Esta experiencia didáctica tiene una duración de cinco días.

La distribución del conocimiento y estudio de cada una de las fuentes de energía es de la siguiente manera:

- *1.º día:* primera toma de contacto con el tema a través de una clase expositiva en la que se da<sup>1</sup> a conocer el concepto de energía y las transformaciones que conlleva. Posteriormente se realiza un estudio comparativo por grupos entre dos tipos de energía muy importantes para la sociedad, el petróleo y el gas natural.
- *2.º día:* acercamiento a la energía térmica y al combustible empleado para su obtención, el carbón, mediante una visita guiada por una de las minas y la central térmica de la provincia de Palencia. Aprovechando el viaje, se visita una presa para mostrarles la energía hidráulica.

---

<sup>1</sup> LEY ORGÁNICA 2/2006 de 3 de mayo de Educación (BOE 4 de mayo de 2006).

- 3.<sup>er</sup> día: para finalizar el bloque de las energías no renovables, se presenta una simulación del origen de la energía nuclear. Comenzando con las energías renovables, se invita a una empresa de la Comunidad al colegio para dar a conocer la energía solar y los distintos métodos para su aprovechamiento.
- 4.º día: construcción de un molinillo con la finalidad de conocer más de cerca la energía eólica y su transformación en energía eléctrica. El resto de la sesión es para explicar la biomasa.
- 5.º día: la semana se cierra con una conferencia mediante Skype con expertos en energía geotérmica, la explicación de la energía mareomotriz, y con los resultados de la energía hidráulica obtenidos durante la visita realizada en la segunda sesión.

La elección de los métodos y recursos se basa en los siguientes principios:

1. La metodología debe ser adecuada para la consecución de los objetivos anteriormente expuestos.
2. Desarrollar la capacidad de aprender a aprender, siendo el alumno capaz de adquirir sus propias herramientas de trabajo y llevando un aprendizaje autónomo.
3. Conseguir que el alumno se haga responsable de su propio aprendizaje.
4. Desarrollar hábitos de trabajo cooperativo.
5. Relacionar los contenidos aportados con conceptos ya conocidos o del entorno.

La metodología utilizada se enmarca en el constructivismo<sup>2</sup> y es activa, flexible, participativa, integradora y de carácter inductivo-deductivo, ya que permite a los alumnos relacionar conceptos y construir sus propios esquemas de conocimientos. Se empleará el diálogo para explicar el porqué de cada una de las actividades, para que posteriormente sean capaces de analizarlas.

De acuerdo con los cinco principios anteriormente citados en torno a los cuales se ha basado la planificación y el diseño, las actividades propuestas son de los siguientes tipos:

- *Cuestiones conceptuales*: para conocer los conocimientos previos de los alumnos y verificar la comprensión de los nuevos conceptos. Dichas cuestiones se hacen tanto en las explicaciones, visitas como en las experiencias prácticas.
- *Trabajos prácticos*: para poner en funcionamiento conceptos ya vistos o permitir a través de un montaje conocer nuevos conceptos y las relaciones existentes entre ellos. Estos trabajos se realizarán en grupos pequeños.
- *Experiencias en el aula*: el profesor o un experto realiza demostraciones en el aula para reforzar conceptos. El profesor o experto plantea interrogantes que los alumnos deben predecir sobre lo que están a punto de observar basándose en la relación y reflexión sobre todo lo aprendido hasta el momento y justificando la predicción.
- *Actividades audiovisuales*: se emplea presentaciones Power Point y otros materiales gráficos (gráficos, imágenes, vídeos, figuras, etc.) que ayudan a la asimilación de los contenidos.
- *Actividades de simulación*: para visualizar y explicar fenómenos que en el laboratorio no pueden ser reproducidos.
- *Salidas externas y comunicación a distancia con expertos*: para conocer de primera mano algunos conceptos y fenómenos y relacionarlos con fenómenos reales que transcurren en el mundo que nos rodea.

<sup>2</sup> CATALÁ, M. Y OTROS (1999). *El constructivismo en el aula*. Barcelona, ed. Graó.



## RESULTADOS

Los alumnos han conocido las fuentes de energía y las transformaciones más comunes entre los distintos tipos de energía, e incluso construido algunos de los instrumentos (a nivel casero) para observar la transformación y aprovechamiento de la fuente de energía, a través de una participación activa, en la que ha primado la adquisición de conocimiento a través de actividades experimentales y a través del empleo de TIC.

Para facilitar e incluso aumentar el interés por las ciencias, los alumnos han efectuado un intercambio constante con instrumentos, materiales, medios, etc., manipulándolos e interactuando con ellos.

Los alumnos se han interesado por los fenómenos que ocurren en nuestro planeta, obteniendo sus propias conclusiones, guiadas a través de las presentaciones, preguntas y experiencias. Esto les permite obtener argumentos para tener una conciencia crítica de las energías que podemos aprovechar y acercarlos a la realidad de las mismas.

La experimentación permite dar a conocer las ciencias como algo útil y que pueden ser aprovechadas en nuestro entorno cotidiano. Además, facilita entender muchos de los procesos y técnicas que son utilizados en la actualidad para aprovechar la energía.

Las ventajas que proporciona el uso de las TIC en el aula son numerosas.<sup>3,4</sup> Entre ellas, destaco:

- Los alumnos se encuentran muy predispuestos al uso de estos recursos, lo que aumenta su motivación.
- La información necesaria para elaborar trabajos se encuentra en Internet, lo que facilita realizar trabajos tanto individuales como colectivos.
- Permite obtener gran volumen de información, teniendo en cuenta que el proceso debe ser guiado por el profesor para seleccionar adecuadamente la información válida.
- La utilización de medios audiovisuales resulta un medio de aprendizaje de gran atractivo para los alumnos.

El método científico presente en todas las actividades a través de la propia experimentación directa, la búsqueda de información, la observación de hechos, el visionado de vídeos o la comunicación directa con personal experto, permitió a los alumnos investigar y conocer mucho más sobre las fuentes de energía.

## REFLEXIONES Y CONCLUSIONES

El método propuesto para alcanzar los objetivos planteados es eminentemente experimental. El alumno experimenta y aprende de forma autónoma y, además, construye su propio conocimiento relacionándose con los compañeros y transcribiendo lo aprendido en forma escrita.

La participación activa del alumnado ha sido fundamental para la adquisición de los conceptos expuestos, dado que la física y la química son disciplinas de carácter experimental.

Las actividades propuestas han pretendido en todo momento que los alumnos aprendan a pensar de forma autónoma y que, mediante la observación de hechos, sean capaces de conectar y entender problemáticas de nuestro entorno y de la sociedad en la cual vivimos.<sup>5</sup>

<sup>3</sup> MARQUÉS, P. (2000). *Impacto de las TIC en educación*. Barcelona, UAB

<sup>4</sup> MORENO, I. (1996). Las nuevas tecnologías como nuevos materiales curriculares. En *Educación y Medios*, n.º 2.

<sup>5</sup> BRASFORD, J. (2000). *How people learn*. USA, National Research Council.

Estas actividades han ayudado al alumno a construir su propio conocimiento, a expresar las ideas con el lenguaje adecuado y a razonar los hechos expuestos, todo ello dirigido a través de preguntas, investigación propia de los alumnos y con la ayuda del profesor.

Los estudiantes en todo momento mostraron gran interés, lo que refleja que cuando la clase es atractiva o diferente consigue estimular y motivar a los alumnos. Este interés y curiosidad se observa, tanto en el desarrollo de las actividades (no había alumnos pasivos) como al finalizar las mismas, por los comentarios que expresaron.

Además, algunos de ellos sugerían nuevas experiencias para realizar; proponían distintos experimentos e incluso habían buscado vídeos relacionados con la temática.

Todos hemos oído hablar de la dificultad que conllevan las asignaturas de ciencias para una parte importante del alumnado, pero hay que tener en cuenta que la mayoría de los contenidos explican fenómenos que podemos observar en nuestro entorno más cercano. La dificultad es la manera en que son expuestos esos conceptos. La experimentación y la observación con algún ejemplo sencillo y real ayuda a cambiar la actitud del alumno frente a las ciencias, ya que proporcionan una visión más próxima y fácil de entender, logrando aumentar la motivación y el interés por estas materias.<sup>6</sup>

Finalizada la semana de realización de las actividades propuestas, los alumnos fueron capaces de distinguir los distintos tipos de energía y sus posibles transformaciones, de relacionar todos los conceptos implicados, hablando con propiedad de los mismos, siendo críticos y entablando diálogos colectivos que constituyeron un final de clase extraordinario.

Las nuevas Tecnologías de la Comunicación y la Información se han incorporado de manera significativa en el sistema educativo español, lo que ha provocado modificaciones en la organización y procesos educativos. Las nuevas tecnologías son necesarias para la formación integral de los alumnos. Además aportan beneficios en aspectos como el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo<sup>7</sup> y el autoaprendizaje.<sup>8</sup> Las actividades propuestas son adecuadas para la enseñanza, ya que permiten reproducir fenómenos de difícil comprensión, como por ejemplo el funcionamiento de una central nuclear; y proporcionar simulaciones, programas, juegos, etc., que hacen más ameno el aprendizaje, aumentando su interés y motivación.

---

<sup>6</sup> HODSON, R. (1992). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* Década de la educación para el desarrollo sostenible.

<sup>7</sup> CARRIÓ, M. (2007). Ventajas del uso de las tecnologías en el aprendizaje colaborativo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 41. Extraído el 7 de mayo de 2012 de <http://www.rieoei.org/deloslectores/1640Carrio.pdf>.

<sup>8</sup> BRASFORD, J. (2000). *How people learn*. USA, National Research Council.



# DISEÑO DE ACTIVIDADES PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA BASADAS EN LA UTILIZACIÓN DE LA REALIDAD AUMENTADA

Marta López García

*Facultad de Educación, UCM; IES Ramiro de Maeztu  
c/ Rector Royo Villanova s/n. 28040 Madrid  
martalopezgarcia@edu.ucm.es*

Inés Torres Payá

*Facultad de Educación, UCM; Colegio Base  
c/ Rector Royo Villanova s/n. 28040 Madrid  
mariaines.torres@edu.ucm.es*

**Palabras clave:** Realidad aumentada, enseñanza con dispositivos móviles, Biología con TIC, códigos QR.

**Keywords:** Augmented reality, mobile learning, ICT based Biology, QR codes.

## Resumen

Este trabajo muestra tres propuestas para la utilización de la realidad aumentada en las actividades de Biología.

La realidad aumentada consiste en la combinación del mundo real y el virtual, superponiendo información virtual al entorno real. Esta tecnología requiere el uso de dispositivos móviles y un software que permita el acceso a Internet a través de un código o una imagen. De este modo, las actividades de los alumnos se pueden enriquecer con información digital complementaria.

La primera actividad se basa en la utilización de códigos QR para que los alumnos puedan acceder a información complementaria, que han elaborado ellos previamente, mientras estudian los árboles o trabajan con claves dicotómicas.

Las otras dos actividades se basan en la utilización de la aplicación Layar, que permite que los alumnos elaboren un contenido estructurado al que pueden acceder después a través de una imagen que sirve de activador. Esta aplicación se ha utilizado para elaborar redes tróficas y para el enriquecimiento de las prácticas de laboratorio.

## Abstract

This work shows three proposals for implementing augmented reality applications in Biology activities.

The concept of augmented reality consists of the combination of the real world and the virtual world by superimposing virtual information over existing reality. The use of this technology implies the use of mo-

mobile devices and a specific software that allows the access to the Internet through a code or an image. Thus, students' activities can be enhanced with complementary digital information.

The first activity is based on the access to complementary information, previously elaborated by the students, by means of the QR codes while studying trees or working with dichotomous keys.

The other two activities are based on the Layar application, that allow the students to elaborate organized content to be consulted later through an image as activator. This application has been used for working with food webs in ecosystems and for enhancing the lab activities.

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta una experiencia llevada a cabo con alumnos de Enseñanza Secundaria de dos centros educativos: el instituto Ramiro de Maeztu y el colegio Base, planteada con varios objetivos didácticos:

- Por un lado, pretende incrementar la competencia de los alumnos en el uso de las TIC, realizando actividades basadas en la utilización de la realidad aumentada. Para ello los alumnos generan sus propios contenidos, organizando la información en páginas Web, a las que pueden acceder a partir de dispositivos portátiles mediante aplicaciones de realidad aumentada.
- En segundo lugar, pretende fomentar el aprendizaje colaborativo, haciendo que los alumnos trabajen en grupo para obtener un producto común que pueda ser utilizado por todos para la realización de sus actividades.
- Finalmente, la experiencia llevada a cabo pretende incrementar el valor didáctico del entorno escolar, de las colecciones de plantas o animales que suelen encontrarse en muchos centros educativos, así como de las actividades de laboratorio, añadiendo información que puede ser consultada mediante los lectores de reconocimiento de códigos o imágenes.

## ¿QUÉ ES LA REALIDAD AUMENTADA?

La realidad aumentada es una tecnología que permite añadir información virtual superpuesta a la real. Dentro del marco real que tiene a la vista, el usuario puede interactuar con información complementaria suministrada en un entorno virtual. La realidad aumentada es, por tanto, una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno enriquecido con información adicional.

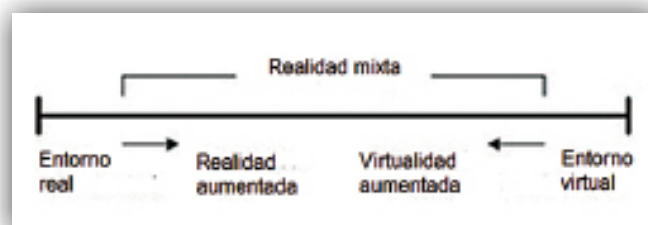


Figura 1. Entorno de la realidad aumentada.

La Figura 1 nos muestra el entorno en que se desarrolla la realidad aumentada con relación al entorno real y al virtual. El mundo real está en el lado izquierdo de la representación y en el extremo opuesto, la realidad virtual, donde las leyes que existen en el mundo real pueden ser modificadas (la gravedad, el tiempo, etc.). El espacio entre ambos mundos es la realidad mixta, y es aquí donde situamos la realidad aumentada,

con elementos virtuales dentro de un entorno real. A su derecha encontramos la virtualidad aumentada, con elementos reales dentro de un entorno virtual.

## ¿QUÉ APORTA A LA EDUCACIÓN?

Son ya muchas las aplicaciones que se han desarrollado en los ámbitos industrial, comercial o del entretenimiento y, desde hace unos años, están empezando a introducirse también en el ámbito educativo. Instituciones como el HITLab en Nueva Zelanda, el Massachusetts Institute of Technology (MIT) o la Universidad de Harvard están diseñando materiales didácticos y actividades educativas basadas en situaciones que combinan experiencias del mundo real con información adicional que se les presenta en sus dispositivos móviles.<sup>1,2</sup>

Aunque parte de las innovaciones se centran en la creación de imágenes en 3D o entornos cuyo diseño requiere complejos conocimientos técnicos, existen numerosas aplicaciones que permiten, mediante la lectura de un simple código o imagen real, incorporar información adicional a un determinado entorno. Algunas de las aplicaciones más populares son los códigos,<sup>3,4,5,6</sup> que pueden descargarse gratis y utilizarse para el diseño de actividades.

Tras el *e-learning* (aprendizaje virtual) y el *b-learning* (*blended learning* o aprendizaje mixto), aparece con estas aplicaciones lo que ya se conoce como *m-learning* (*mobile learning* o aprendizaje mediante dispositivos móviles). El informe Horizon de 2012,<sup>7</sup> que analiza las tecnologías de mayor uso en la educación en un futuro próximo, ya avanzaba que los dispositivos móviles y las tabletas serían introducidas en los proyectos educativos de los centros a corto plazo y señalaba la realidad aumentada como una de las tecnologías que sería adoptada por los centros educativos de forma generalizada.

Entre las aportaciones de la realidad aumentada a la educación, podemos destacar:

- Permite una nueva forma de acceder a la información.
- Supone un cambio en la forma de interactuar con el entorno.
- Proporciona contextos enriquecidos.
- Facilita múltiples escenarios de aprendizaje.
- Es un elemento motivador.
- Se puede aplicar a numerosas actividades.

Efectivamente, esta tecnología nos va a permitir enriquecer los entornos de aprendizaje y complementar la información mediante superposición de imágenes 3D, contenidos en línea, simulaciones o ejercicios interactivos. Pero también nos permite a los profesores utilizar estas aplicaciones para diseñar

---

<sup>1</sup> BASOGAIN, X., OLABE, M., ESPINOSA, K., ROUËCHE, C. Y OLABE, J. C. (2007). Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente. In *7ª Conferencia Internacional de la Educación y la Formación basada en las Tecnologías*. Madrid.

<sup>2</sup> FUNDACIÓN TELEFÓNICA (2011). *Una nueva lente para ver el mundo*. Barcelona, Ariel.

<sup>3</sup> <http://www.codigos-qr.com/>

<sup>4</sup> <https://www.layar.com/>

<sup>5</sup> <http://www.wikitude.com/>

<sup>6</sup> <http://www.aurasma.com/#/explore>

<sup>7</sup> JOHNSON, L., ADAMS, S. Y CUMMINS, M. (2012). *Informe Horizon del NMC. Enseñanza Primaria y Secundaria 2012*. Austin, Tejas, The New Media Consortium.

nuestras propias actividades,<sup>8,9,10,11,12</sup> haciendo a los alumnos partícipes, y no solo receptores, de esta tecnología.

### ¿QUÉ SE NECESITA?

Para acceder a los contenidos de realidad aumentada solo se necesita un móvil o una tableta en los que se debe instalar una aplicación de realidad aumentada. Desde cualquier dispositivo que tenga incorporada una cámara, esta captura información del mundo real (una imagen, una escena, un código...) mediante un activador; y el software instalado en el dispositivo detecta esta información y genera una escena aumentada compuesta por la información real y la virtual que se visualiza a través del mismo dispositivo (Figura 2). Las cámaras web de los dispositivos portátiles permiten que esta información esté accesible en cualquier lugar y en cualquier momento, siempre que haya conexión a Internet.

Hardware	
Software	
Activadores	

Figura 2. Requisitos para trabajar con realidad aumentada.

En esta comunicación presentamos algunos ejemplos de aplicaciones de realidad aumentada al diseño de actividades en las clases de Biología.

### I.ª ACTIVIDAD

La primera actividad propuesta está orientada a aumentar el conocimiento de los árboles más comunes. Una de las experiencias se ha llevado a cabo estudiando los árboles del entorno escolar; mientras que en el otro centro se han utilizado las hojas previamente herborizadas para su identificación mediante claves dicotómicas.

<sup>8</sup> GAMBOA, J. L. (2012). El uso de códigos QR en la enseñanza. En HERNÁNDEZ, J., PENNESI, M., SOBRINO, D. Y VÁZQUEZ, A. (coord.), *Tendencias emergentes en Educación con TIC*. Barcelona, Asociación Espiral, Educación y Tecnología, pp. 197-209.

<sup>9</sup> REINOSO, R. (2012). Posibilidades de la realidad aumentada en educación. En HERNÁNDEZ, J., PENNESI, M., SOBRINO, D. Y VÁZQUEZ, A. (coord.), *Tendencias emergentes en Educación con TIC*. Barcelona, Asociación Espiral, Educación y Tecnología, pp. 175-195.

<sup>10</sup> ESTEBANELL, M., FERRÉS, J., CORNELLÁ, P. Y CODINA, D. (2012). Realidad Aumentada y códigos QR en educación. En HERNÁNDEZ, J., PENNESI, M., SOBRINO, D. Y VÁZQUEZ, A. (coord.), *Tendencias emergentes en Educación con TIC*. Barcelona: Asociación Espiral, Educación y Tecnología, pp. 135-155.

<sup>11</sup> LEE, K. (2012). Augmented Reality in Education and Training. *TeachTrends*, 56 (2), pp. 13-21.

<sup>12</sup> WU, H. K., LEE, S. W. Y., CHANG, H. Y. Y LIANG, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, pp. 41-49.

En ambos casos la actividad se inicia asignando a los alumnos, organizados en parejas, las especies objeto de estudio. Cada grupo debe recopilar información sobre la especie asignada, incluyendo nombre científico, tipo de hoja, flor y fruto, así como su distribución y aprovechamiento.

Una vez recopilada la información, los alumnos se dan de alta en un servidor como Wix o Google Sites para organizar dicha información en una página Web, incluyendo fotografías de detalle que ayuden a su identificación (Figura 3).



Figura 3. Ejemplos de páginas Web diseñadas por los alumnos.

A continuación los alumnos entran en una página que genere códigos QR, donde asociarán el código generado a la dirección URL de la página Web que han creado (Figura 4). Estos códigos deberán imprimirse para pegarlos en las hojas de laboratorio correspondientes o para elaborar carteles que se colocarán en los árboles.



Figura 4. Página del generador de códigos QR (qr.code generator).

Así los alumnos pueden identificar los árboles de su entorno y obtener información acerca de ellos escaneando los códigos colocados en cada uno. En el laboratorio los alumnos identifican las hojas con ayuda de una clave dicotómica y, una vez terminada la actividad, pueden comprobar los resultados a la vez que obtienen información complementaria acerca de la flor, fruto, etc., (Figura 5).





Figura 5. Resultado final de las actividades.

## 2.ª ACTIVIDAD

La segunda propuesta se orienta al estudio de los ecosistemas. Es conocida la dificultad que la mayoría de los alumnos tienen a la hora de identificar las relaciones tróficas en un ecosistema, debido a su escaso conocimiento de los hábitos alimentarios de nuestra fauna.

Como en el caso anterior, los alumnos elaboran páginas Web con información acerca de las especies de estudio, incluyendo una breve descripción, su distribución, su alimentación y sus depredadores.



Figura 6. Página Web diseñada por los alumnos con información sobre la culebra de escalera.

A continuación confeccionan dos pósters con imágenes de las especies que han estudiado. Uno de los centros se ha dedicado al ecosistema mediterráneo y el otro al ecosistema marino (Figura 7).



Figura 7. Pósteres realizados por los alumnos.

Para incorporar información sobre las especies que aparecen en los pósteres, se ha utilizado la aplicación Layar, ya que utiliza imágenes como activadores haciendo innecesario introducir códigos en la escena. Esta aplicación permite vincular a una imagen distintos contenidos Web, como páginas informativas, vídeo, audio, etc., a los que se accede escaneando la imagen elegida como activador.

El procedimiento consiste en abrir una cuenta en Layar con una clave de acceso compartida para toda la clase. Así los alumnos, una vez que entran en la aplicación, cargan en Layar la imagen representativa de su especie y enlazan a dicha imagen su propia página Web, así como otros contenidos que consideran de interés, como vídeos, sonidos o carruseles de fotos (Figura 8).

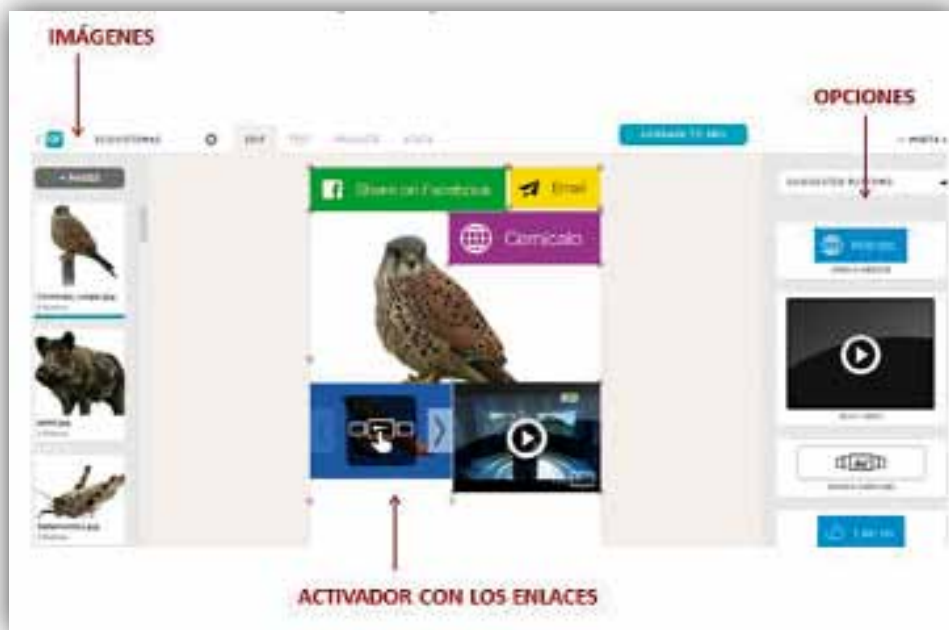


Figura 8. Página de Layar en la que se muestra la columna izquierda, donde se cargan las imágenes; la imagen central, seleccionada para trabajar; y la columna derecha, donde se muestran las opciones que se pueden agregar a la imagen.

Finalmente, al escanear las imágenes los alumnos acceden a toda la información vinculada a cada imagen, lo que les va a permitir elaborar redes tróficas o resolver ejercicios relativos a la dinámica de los ecosistemas.

### 3.ª ACTIVIDAD

La tercera actividad se ha llevado a cabo en el laboratorio. Las prácticas de observaciones al microscopio son realizadas, en la asignatura de Biología, en todos los cursos según los contenidos de cada nivel. Los alumnos hacen preparaciones y observaciones de células, tejidos, microorganismos, etc. El uso de la realidad aumentada ha enriquecido grandemente la realización de estas prácticas.

Presentamos aquí un trabajo llamado *Micromundos*, basado en la observación de células y realizado con la aplicación Layar. La experiencia se ha llevado a cabo en las siguientes fases:

- Cada pareja de alumnos ha hecho el estudio de un tipo de célula determinado.
- Realizaban la práctica en el laboratorio y tomaban fotografías directamente del microscopio.
- Una de esas fotografías se imprime en papel y ese será el activador al que irá posteriormente asociada toda la información.
- También en el laboratorio, grababan un vídeo con la explicación del procedimiento, material y observaciones.
- Posteriormente, elaboraban una página Web con toda la información relativa a esas células.
- Por último, creando una cuenta en Layar para toda la clase, se iban añadiendo todos los elementos de información.
- Como marcadores se utilizan las fotos tomadas desde el microscopio (*Figura 9*).



*Figura 9.* Marcadores que aparecen en el móvil o la tableta al escanear la foto. Desde aquí se abrirán el vídeo, las fotos, página Web, etc.

Al escanearlas con el móvil o la tableta, se abrirá la página de Layar con los vídeos de la realización de la práctica, las fotos tomadas en el laboratorio, la página Web con la información, los enlaces, el guion de prácticas y todo lo que consideremos relevante para el aprendizaje de ese tema (*Figura 10*).



Figura 10. Escaneando con el móvil las fotos de las preparaciones microscópicas.

Con la tecnología basada en la realidad aumentada los alumnos se sirven de contenidos digitales para complementar sus actividades prácticas tradicionales, añadiendo una nueva perspectiva a su trabajo. La posibilidad de interactuar con contenidos virtuales en un entorno real mejora la motivación del alumnado y contribuye al aprendizaje por descubrimiento.



# EL AULA VIRTUAL DE BIOLOGÍA, UNA APLICACIÓN DIDÁCTICA EN EL IES MAESTRO MATÍAS BRAVO (VALDEMORO, MADRID)

Sofía Martín Nieto, Carlos J. Martín Blanco

*IES Maestro Matías Bravo. Avda. Mar Egeo, s/n. 28341 Valdemoro (Madrid)*  
biología.mmb@gmail.com

**Palabras clave:** Aula virtual, didáctica, biología, evaluación, plataformas virtuales.

**Keywords:** Aula Virtual, didacticism, biology, evaluation, virtual platforms.

## Resumen

Las plataformas educativas en Internet están cobrando un papel cada vez más importante como recurso educativo. Inicialmente concebidas como sistemas de autoaprendizaje, en la educación secundaria se están convirtiendo en una herramienta más con la que profesores y alumnos trabajan diariamente.

En este artículo comentamos el entorno educativo que estamos desarrollando para las asignaturas del Departamento de Biología y Geología. Discutimos no solo su interés en el aprendizaje, sino también su valor como instrumento de evaluación.

## Abstract

E-learning platforms on the Internet are playing a very important role nowadays as an educational resource. At the beginning they were conceived as self-learning systems. However in the secondary education they are becoming an essential learning tool with which teachers and students work every day.

In this paper we talk about the learning environment that we are developing for the Biology and Geology department. We discuss their learning interest and also their value as an assesment instrument.

## INTRODUCCIÓN

Las plataformas de autoaprendizaje están cobrando un interés creciente en los diferentes niveles educativos a escala internacional.<sup>1</sup> En nuestro país se han publicado aplicaciones específicas para educación

---

<sup>1</sup> HAMIDIAN, B., SOTO, G. Y PORIET, Y. (2006). *Plataformas virtuales de aprendizaje: una estrategia innovadora en procesos educativos de recursos humanos*. Facultad de CC. Económicas y Sociales, Universidad de Carabobo.

secundaria<sup>2</sup> y más concretamente para la asignatura de Biología.<sup>3</sup> En el trabajo de HAMIDIAN *ET AL.* (2006) se analiza la idoneidad de 33 plataformas en Internet y se llega a la conclusión de que la más recomendable es moodle, por cumplir el 83% de los criterios que establecieron en cuanto a herramientas de aprendizaje, soporte y especificaciones técnicas.

En la Comunidad Autónoma de Madrid el portal educativo educamadrid ofrece la posibilidad a todos los miembros de la comunidad educativa de tener una cuenta personal desde la que acceder a los recursos que ofrece el portal. Entre ellos se cuenta una plataforma moodle en la que los profesores pueden desarrollar sus propias aulas virtuales, en las que se pueden aportar documentos variados a los alumnos y actividades diversas que pueden ser evaluadas.

Desde que comenzamos la implantación de las enseñanzas del diploma del Bachillerato Internacional en el IES Maestro Matías Bravo durante el curso 2008/2009 iniciamos el desarrollo de materiales curriculares que poníamos a disposición de los alumnos que cursan las asignaturas de Biología y Sistemas Medioambientales a través de aulas virtuales. En un principio limitamos su uso como mera fuente de documentos escritos, tales como apuntes o guiones de prácticas<sup>4</sup>. Más tarde comenzamos su utilización para que los alumnos pudieran subir trabajos, tales como los estudios de investigación que realizan (monografías<sup>5</sup>).

## ESTRUCTURA DEL AULA VIRTUAL

Cuando se accede al aula virtual, la pantalla muestra tres columnas: una principal (más ancha) en el centro, flanqueada por otras dos (*Figuras 1 y 2*).



Figura 1. Aspecto en tres columnas del aula virtual. En el interior de la columna central principal (diagrama de temas) incluimos sendos detalles de parte de la información que se recoge en las columnas laterales. En la columna derecha

<sup>2</sup> ANDA SOLAY, N. (2012). Propuesta didáctica para enseñar geometría en 2.º de la ESO. Trabajo fin de Máster. UNIR.

<sup>3</sup> QUSE, L., MASULLO, M. Y OCELLI, M. (2011). Enseñar y aprender educación en Biología con la plataforma Moodle. *VEsC*, 3, 63-78.

<sup>4</sup> MARTÍN NIETO, S. Y MARTÍN BLANCO, C. J. (2012). La enseñanza de la Biología y las Ciencias Ambientales del bachillerato internacional en el IES Maestro Matías Bravo (Valdemoro, Madrid, España). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Biol.*, 106, 137-150.

<sup>5</sup> MARTÍN BLANCO, C. J. Y MARTÍN NIETO, S. (2013). La monografía en el Bachillerato Internacional como experiencia docente. *Actas del II Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza*, 301-307.

aparecen todas las novedades del aula virtual, así como un calendario en el que se representan las fechas de finalización de diversos tipos de actividades.

El aspecto difiere en la vista de alumno y en la de profesores. En la vista de alumnos no se muestran todos aquellos elementos que guardan relación con la gestión del aula. La columna izquierda está reservada a aspectos de administración. Para los alumnos, lo más relevante de esta columna es que les muestra enlaces a todos los tipos de actividades operativas hasta ese momento en el aula, así como las calificaciones (si las hay). Lo más destacable en la columna derecha es la presencia de un calendario y una lista en la que aparecen las últimas novedades que se han producido en el aula. Esto permite a los alumnos planificarse cómodamente el reparto de tareas y lo valoran muy positivamente en las encuestas realizadas.

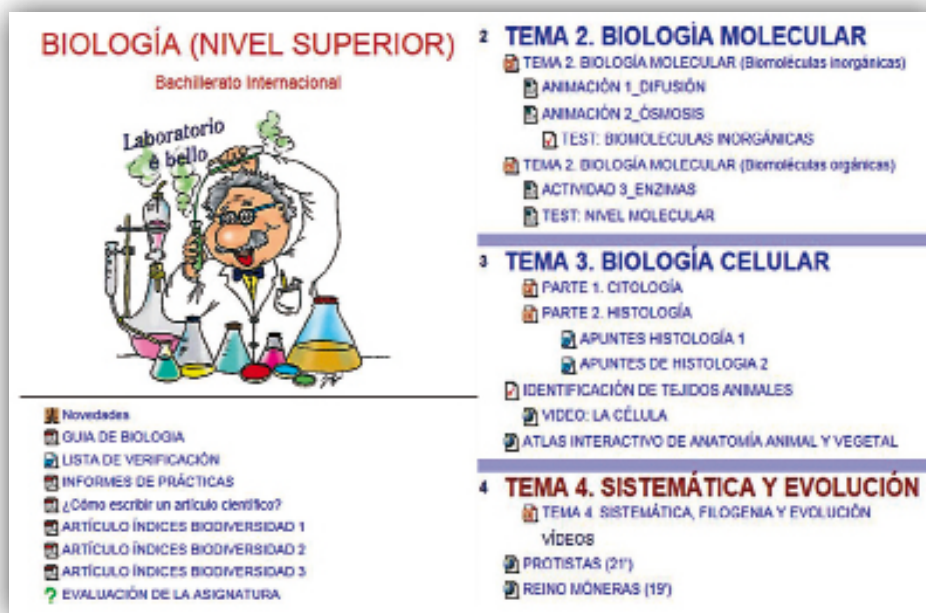


Figura 2. Organización de la columna central (diagrama de temas). Aprovechamos la primera de las secciones para poner una ilustración representativa del curso y documentación o actividades de carácter general (parte izquierda de la figura). A continuación organizamos la información por bloques (parte derecha de la figura) que coinciden con las unidades didácticas de la asignatura (hay otras posibilidades).

## RECURSOS

En realidad las aulas virtuales que hemos desarrollado nacieron como una mera herramienta donde aportar documentación a los alumnos que antiguamente habríamos repartido mediante fotocopias o, un poco más recientemente, enviado por correo electrónico. El simple hecho de poder colgar todos estos materiales resulta ya tremendamente más cómodo tanto a los profesores (que los pueden modificar fácilmente) como a los alumnos (que pueden acceder a los materiales en cualquier momento).

Los recursos de que disponen nuestros alumnos en el aula virtual son variados. Los más habituales son las presentaciones de diapositivas que utilizamos en las clases para los desarrollos teóricos. En ocasiones algunas de estas unidades las reforzamos con documentos escritos no editables (formato PDF) que también utilizamos para proporcionar guiones de prácticas. Hemos incluido asimismo elementos más interactivos, como enlaces a páginas Web y vídeos, que permiten que cada alumno profundice en la medida de sus posibilidades o deseos en los contenidos de la unidad didáctica. En este sentido, el aula virtual permite una atención más individualizada a los alumnos mediante la selección y graduación adecuada de



materiales. Paradójicamente, la atención a la diversidad, que tantas veces han tratado de impulsar diversos sistemas educativos y quedaba en la «virtualidad» en la mayor parte de los casos, cobra visos de «realidad» en el aula virtual.

Sin embargo, nosotros hemos buscado una utilización más activa del aula virtual, no un simple recipiente de contenidos, por muy graduados, variados y diversos que estos fueran. Si buscamos un instrumento de autoaprendizaje, tenemos que plantear actividades a los alumnos que les guíen en esa dirección y que les permitan evaluar el grado de consecución de los objetivos planteados.



Figura 3. Diferentes tipos de recursos aportados en una unidad didáctica. Las líneas más claras corresponden a recursos disponibles en el aula virtual pero que no están visibles para los alumnos. Estos recursos se pueden mostrar gradualmente cuando el profesor lo decida.

## ACTIVIDADES DESARROLLADAS

La plataforma moodle permite la inclusión de un variado repertorio de actividades. Nosotros hemos experimentado en mayor o menor medida solo cinco de ellos. El propósito de cada tipo de actividad es muy diferente y aporta una gran versatilidad a la actividad docente. Por otra parte, la variedad de actividad evita que los alumnos realicen las tareas de forma mecánica, ya que tienen que practicar diferentes capacidades en cada una de ellas. Las actividades pueden ser individuales o colectivas, pero el hecho de estar recogidas en el aula virtual permite el fácil acceso a los resultados por el profesor y, sobre todo, reducir enormemente el tiempo dedicado a corrección de ejercicios y seguimiento de las tareas.

## LECCIONES

En la plataforma están concebidas como una especie de unidades didácticas informatizadas que permiten la inclusión de preguntas para pasar de unos puntos de la unidad a otros. Nosotros lo hemos utilizado para desarrollar claves de identificación interactivas de rocas. La idea es que los alumnos hagan una pequeña colección petrográfica y que sean capaces de identificar los tipos más elementales de rocas. La clave les conduce a través de los caracteres adecuados hasta una ficha con una fotografía y una descripción de la roca correspondiente para que ellos puedan evaluar si el resultado al que han llegado es coherente. Dependiendo del nivel al que quiera dirigirse, la clave se puede hacer más o menos sencilla (1.º-3.º de ESO) o compleja (4.º de ESO-1.º de Bachillerato).



No hemos desarrollado otras posibilidades, pero este mismo sistema puede utilizarse para la identificación de seres vivos, tejidos, de modo que es un tipo de actividad muy interesante para la comprensión de las clasificaciones geológicas y biológicas.

Figura 4. Entrada a la clave de identificación de rocas para 1.º de ESO. Los botones de la parte inferior son los que tienen que elegir: Cada uno les guiará a una parte diferente de la clave.

## GLOSARIOS

Esta es una actividad colaborativa que apenas hemos desarrollado pero que consideramos de enorme interés para los cursos de ESO. Una de las dificultades con las que se encuentran nuestros alumnos al estudiar Ciencias de la Naturaleza es la riqueza de términos específicos («palabras raras» para ellos). Una forma de trabajar esta parte de la asignatura es la elaboración de un glosario. En esta actividad los alumnos buscan y categorizan definiciones de términos y el profesor puede seleccionar entre ellos los que considera correctos. El interés de la actividad es múltiple, y ha sido concretado en el ámbito educativo.<sup>6</sup> Por una parte, se pueden conseguir definiciones correctas pero expresadas en un lenguaje asequible para los alumnos (nace de ellos mismos, no del profesor). Por otra parte, se fomenta el trabajo de la clase como grupo que genera un gran producto al final (la suma de «poquitos» origina un «mucho»). Desde la óptica del profesor también es muy útil, ya que se puede evaluar y cuantificar las aportaciones de cada uno de los alumnos.

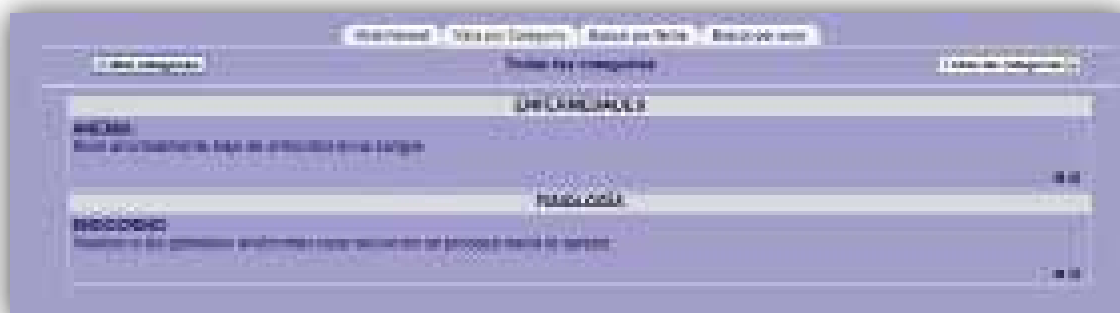


Figura 5. Dos entradas de un glosario de 3.º de ESO. Se pueden crear categorías adecuadas para clasificar los términos (anatomía, fisiología, patologías...). Las pestañas superiores permiten consultar las entradas del glosario por la fecha de incorporación o por el autor de cada entrada, permitiendo cuantificar las aportaciones de cada alumno.

<sup>6</sup> GÓMEZ DE ENTERRÍA, J. (2000). Los diccionarios especializados y la enseñanza de ELE. *Actas del XI congreso de ASELE* (Asociación del Español como lengua extranjera), 114.

## CUESTIONARIOS

Es el tipo de actividad a la que más comúnmente recurrimos. En los cuestionarios se plantea a los alumnos una serie de preguntas que permite evaluar el grado de comprensión de una unidad didáctica, un vídeo, una práctica de campo, etc. En los cuestionarios se pueden mezclar diversos tipos de preguntas y requieren una cierta planificación dependiendo del uso que se pretenda hacer de ellos. Pueden servir como instrumento de autoevaluación y tener un carácter meramente informativo para los alumnos, o pueden organizarse como un auténtico examen que el profesor puede utilizar para evaluar los conocimientos de los alumnos. Ciertos tipos de preguntas son corregidas por la propia plataforma, de modo que el esfuerzo que tiene que hacer el profesor para elaborar las preguntas se ve recompensado con creces con la reducción en el tiempo de corrección. Además, la corrección no queda simplemente en una calificación, sino que permite analizar cuáles son los errores más frecuentes o detectar fallos en la comprensión de ciertos conceptos.

Entre los tipos de preguntas disponibles, hemos utilizado:

- Opción múltiple
- Numérica
- Emparejamiento
- Verdadero/Falso
- Respuesta corta
- Ensayo

El primer tipo es ideal para la realización de pruebas de tipo «test». En realidad hay múltiples tipos de test dependiendo de la finalidad que se busque.<sup>7</sup> JORNET MELIÁ Y SUÁREZ RODRÍGUEZ (1996), pp. 152-153 defienden su uso en educación secundaria y recopilan algunas reglas para su elaboración por los profesores de un mismo departamento.

Sobre su idoneidad como instrumento reglado de evaluación, hay opiniones encontradas. Se han hecho estudios comparativos entre pruebas tradicionales y pruebas de opción múltiple en niveles educativos superiores,<sup>8</sup> no encontrando diferencias significativas entre los resultados de ambos tipos de pruebas en alumnos universitarios de ingeniería. GONZÁLEZ CUEVAS (2002), pp. 10-13, clasifica en dos tipos las preguntas posibles: de conocimiento y de aplicación, y argumenta la probabilidad de que los alumnos acierten al azar las preguntas. La elección de los distractores adecuados y el número óptimo de preguntas hace que la probabilidad de aprobar un examen de este tipo respondiendo al azar sea realmente despreciable.

Estamos desarrollando un banco de preguntas de opción múltiple para la asignatura de Biología de 2.º de Bachillerato. Las preguntas se clasifican jerárquicamente por bloques temáticos (bioquímica, citología...) y unidades didácticas (glúcidos, lípidos...). Además las graduamos en dos niveles de dificultad: medio y alto. Actualmente el banco dispone de más de 250 preguntas, aunque todavía no abarca la totalidad de los bloques temáticos. A partir de este banco se pueden configurar cuestionarios de opción múltiple muy diversos, donde el número y procedencia de las preguntas queda controlada por el profesor y la plataforma virtual elige aleatoriamente entre las condiciones impuestas las preguntas que componen la prueba. Esta propiedad resulta muy útil para que los alumnos realicen la actividad reiteradamente, ya que las preguntas se modifican de un intento a otro. En todos los casos el alumno puede tener acceso a la

<sup>7</sup> JORNET MELIÁ, J. M. Y SUÁREZ RODRÍGUEZ, J. M. (1996). Pruebas estandarizadas y evaluación del rendimiento: usos y características métricas. *Revista de Investigación Educativa*, 14(2), 141-163.

<sup>8</sup> GONZÁLEZ CUEVAS, O. M. (2002). Evaluación de opción múltiple vs. evaluación tradicional. Un estudio de caso en ingeniería. *Revista de Educación Superior*, 122 (31), 5-24.

puntuación obtenida y a los errores cometidos. Lógicamente, para que las pruebas sean efectivas, hay que disponer de un banco de preguntas muy amplio para minimizar las repeticiones. La graduación de las preguntas en niveles de dificultad permite motivar al alumno para que pueda ir ascendiendo de nivel progresivamente.



Figura 6. La parte superior izquierda muestra un ejemplo de pregunta de un test de opción múltiple, tal como lo ve el alumno. En la parte inferior izquierda puede verse la información que observa el profesor sobre los intentos que han realizado los alumnos en cada una de las pruebas disponibles. Nótese cómo para cada unidad didáctica se dispone de una prueba de nivel medio, otra de nivel superior y otra en la que hay preguntas de ambos tipos. En la zona derecha se muestra la estructura jerárquica del banco de preguntas.

La redacción de las preguntas es muy importante, tanto la del enunciado como la de los distractores que se muestran. Otro factor importante es el número de opciones que se ofrecen. Nosotros hemos utilizado preguntas con cuatro y con cinco opciones. Los objetivos de la evaluación son:<sup>9</sup>

- Indicar a los alumnos qué conceptos son más relevantes.
- Motivar a los alumnos a estudiar.
- Identificar áreas deficientes que requieren más estudio.
- Detectar los puntos débiles del programa de estudios.

#### WEBQUESTS Y TAREAS

Las Webquests están cobrando un creciente interés entre los docentes. Inicialmente fueron concebidas para su uso en la educación superior; pero se han ido extendiendo a otros niveles educativos.<sup>10</sup> En

<sup>9</sup> CASE, S. M. Y SWANSON, D. B. (2006). *Cómo elaborar preguntas para evaluaciones escritas en el área de ciencias básicas y clínicas*. 3.º edición. Philadelphia. National Board of Medical Examiners, p. 10.

<sup>10</sup> GOIG RODRÍGUEZ, R. M. (2012). El uso de la webquest como recurso didáctico innovador en el segundo ciclo de educación infantil. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID)*, 7, 77.

**BIOLOGÍA NIVEL SUPERIOR. 2º CURSO**

Inicio > BIOC > LA PROTEÍNA VERDE FLUORESCENTE

**Página**

- Introducción
- Tareas
- Proceso
- Conclusiones**
- Evaluación
- Equipos

**Introducción**

La ingeniería es un tipo de ciencia, método de resolución de problemas, como los negocios del género. Algunos que viven en los aguas más del Pacífico Norte (por ejemplo, algunas especies) y una variedad de otros organismos marinos. Por dicha razón, se ha utilizado por James Watson. La proteína codifica una proteína fluorescente (genética) que emite luz azul-verde. La GFP es un tipo de proteína que se puede usar para estudiar la estructura celular.

**VERCALLEA ESTE VIDEO**

El Premio Blue Flag (Medalla de Oro) es un premio de las organizaciones que crean como centros de estudio, procesamiento y distribución de datos para el Banco de Datos de Biología (BD). Los miembros más **BCSB** (BCSU), **PCSB** (PCSU) y **PCSB** (PCSU) - **PCSB** (PCSU). La misión de la red PCSB es mantener un sitio web de **PCSB** de datos científicos y estadísticas que se libre y públicamente disponible para la comunidad global. En esta actividad nos a ayudará a utilizar algunos de los recursos que ofrece el PCSB para conocer algunos detalles de la estructura de la Proteína Verde Fluorescente (GFP).

esencia, se trata de que los alumnos realicen una búsqueda más o menos dirigida en la Web y que elaboren un trabajo en formatos variables a partir de la información recopilada.

Figura 7. Ejemplo de Webquest propuesta a alumnos de 2.º de Bachillerato. En la columna de la izquierda aparecen los enlaces a las diferentes páginas que guían a los alumnos para la realización de los trabajos.

**LA TRANSPIRACIÓN EN LAS METAFITAS**

Planta cortada  
Abertura sellada  
Tubo con agua  
Pipeta graduada

El agua es un recurso muy valioso para los vegetales terrestres. Su absorción se produce por la raíz pero el motor que mueve internamente el agua es la pérdida de agua a través de los estomas. Este proceso se conoce como transpiración.

Usando un sensor de presión, vamos a medir la presión en un tubo con agua conectado a una planta. Este montaje nos permitirá medir la presión que ejerce la planta sobre el agua. En este mismo apartado dispones de un PDF con el guión para realizar la práctica.

Disponible en: sábado, 6 de abril de 2013, 19:50  
Fecha de entrega: domingo, 19 de mayo de 2013, 23:55

Subir un archivo (Tamaño máximo: 25Mb)

Examinar...

Subir este archivo

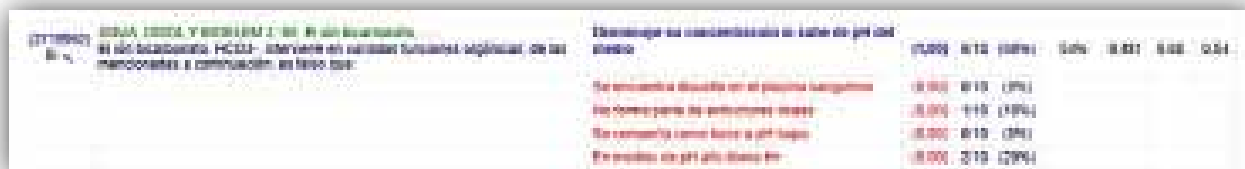
Figura 8. Ejemplo de página mostrando las instrucciones dadas para la realización de una práctica y los plazos de entrega de los trabajos.

La plataforma moodle permite el desarrollo de este tipo de actividades (Figura 7), así como otras similares denominadas «tareas» en las que el profesor encomienda un trabajo concreto (ya sea bibliográfico o práctico) que requiere para su materialización un fichero (documento escrito, base de datos, hoja de cálculo...). Los alumnos pueden subir sus trabajos de hasta 25 Mb, y posteriormente el profesor puede calificarlos, corregirlos y enviar comentarios personalizados a los alumnos.

Nosotros hemos trabajado fundamentalmente con las tareas, sobre todo durante la realización de las prácticas de laboratorio. En una página se les explica brevemente el objetivo de la práctica y mediante enlaces se les proporciona el material bibliográfico preciso (habitualmente solo un guion de prácticas). Tras realizar la experiencia, los alumnos tienen que elaborar un informe (con un procesador de textos), que suben al aula virtual. Una de las ventajas de este sistema es que se puede configurar un plazo de entrega fuera del cual se bloquea el acceso a la subida de ficheros; de este modo los alumnos se acostumbran a respetar rigurosamente los plazos (Figura 8). Otra opción es no impedir el envío, pero aparece marcado el retraso que se ha producido con respecto al plazo establecido. Otra ventaja (inclu-

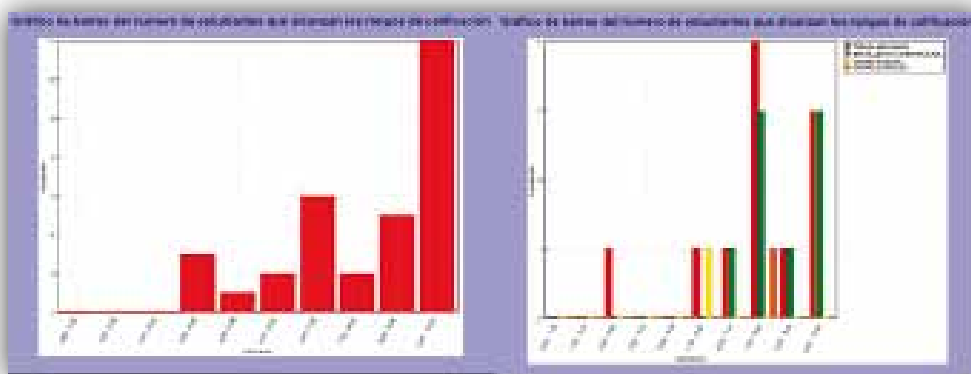
so para los propios alumnos) es que los trabajos quedan almacenados, de modo que quedan a salvo de cualquier eventualidad que puedan sufrir los ficheros (pérdidas, deterioros...).

### EVALUACIÓN EN EL AULA VIRTUAL



Hemos comentado en varios lugares de este artículo las posibilidades que tiene el aula virtual como instrumento de evaluación. Hasta ahora nos hemos centrado más en el análisis de los resultados obtenidos que en el desarrollo de pruebas que puedan servirnos como pruebas de calificación para los alumnos.

Figura 9. Análisis de los resultados de una pregunta de opción múltiple. La opción correcta aparece en primer término (1,00 puntos), el resto son los distractores (0,00 puntos). La tercera columna recoge el porcentaje de respuestas elegidas por los alumnos. En este caso el 60% de los alumnos escogió la respuesta correcta. De los que erraron, la principal confusión tiene que ver con el comportamiento de la molécula frente al pH. El 10% que falta por contabilizar corresponde a una respuesta dejada en blanco.



Nos interesa detectar qué errores son los más frecuentes para poder subsanar posibles conceptos mal comprendidos o interpretaciones incorrectas (Figura 9). Otra posibilidad que ofrece el aula virtual es proporcionar una panorámica global de las respuestas dadas por un grupo o incluso comparar diferentes grupos entre sí (Figura 10).

Figura 10. Diagramas de barras de la distribución de puntuaciones en un test de opción múltiple. El de la izquierda muestra la distribución de un grupo particular. Cada barra representa un intervalo de un punto, de modo que puede verse rápidamente que la mayoría de los alumnos (27 de 33) obtienen 6 puntos o más. El diagrama de la derecha muestra con diferentes colores la distribución de calificaciones de tres grupos y la distribución global formada tomándolos en conjunto.



# CÓMO CREAR UN TRABAJO ESCRITO ESCOLAR DE CIENCIAS NATURALES CON REALIDAD AUMENTADA Y CÓDIGOS QR

José Luis Olmo Rísquez

*Profesor de Secundaria de Biología y Geología del IES Azuer, de Manzanares (Ciudad Real).*  
jlorisquez@gmail.com

**Palabras clave:** Realidad aumentada, códigos QR, didáctica, ciencias naturales.

**Keywords:** Augmented Reality, QR code, didactics, Natural Sciences.

## Resumen

La realidad aumentada o AR (*Augmented Reality*) y los códigos QR han experimentado un espectacular auge en los últimos años en el ámbito educativo. Son cada vez más las actividades y experiencias docentes en las que se emplean estas nuevas tecnologías. El objetivo del presente trabajo consiste en explicar cómo crear, de una forma sencilla, libros u otro tipo de publicaciones escritas que incluyan la realidad aumentada y los códigos QR. Se describen los pasos a seguir, las herramientas empleadas y se muestran diversos ejemplos elaborados por alumnos de Secundaria. Este tipo de publicaciones permiten elaborar trabajos escritos escolares más elaborados, con mayor información y más variada, y además, resultan más motivadores e interesantes tanto para el lector como para el autor de los mismos.

## Abstract

Augmented reality or AR and the QR codes have experienced a dramatic rise in education in recent years. There is a growing number of activities and teaching experiences in which these new technologies are used. The aim of this work is to explain how to create, in a simple way, books or any other type of written publications that include augmented reality and QR codes. The steps to follow and the tools used are described, as well as several examples produced by secondary school students are displayed. This type of publications allow to develop more elaborate written school work, with more varied information, and moreover, they are more motivating and interesting for both the reader and the author.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los códigos QR y la realidad aumentada están comenzando a formar parte de nuestra vida cotidiana y en la misma medida se están introduciendo en el aula. Cada vez son más los proyec-



tos y actividades educativas donde se utilizan los códigos QR (ARAGUZ, M.<sup>a</sup> A. 2012, HERNÁNDEZ, J. 2012), así como la realidad aumentada (REINOSO, R. 2012; SANGRÁ, J. 2013).

Cada vez es más frecuente encontrar en las librerías una sección dedicada a libros de realidad aumentada, y son varios los libros de éxito que llevan incorporados los códigos QR, como el libro *Experimentos para entender el mundo* de Javier Fernández Panadero, en el que cada experimento va acompañado con un código QR que permite verlos en un teléfono o en Internet.

El objetivo de la presente publicación es explicar cómo crear, de una forma fácil y sencilla, trabajos escolares escritos de ciencias naturales que incluyan la tecnología de la realidad aumentada y los códigos QR.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la incorporación de los marcadores (códigos impresos en papel que el software interpreta ofreciendo una respuesta específica) de realidad aumentada se han empleado los programas Aumentaty Author y Aumentaty Viewer, que se pueden descargar de forma gratuita previo registro en la siguiente dirección: <http://www.aumentaty.com/> (ver en dicha página la sección de descargas).

Los modelos 3D necesarios para ser utilizados en el programa informático de Aumentaty Author han sido descargados de diversas páginas de Internet o bien han sido creados con los programas de modelado 3D más empleados, como son Trimble Sketchup, Blender o Autodesk 3DS Mas.

Los códigos QR se pueden generar en línea en diversas páginas. Las más empleadas han sido: <http://www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-qr/> y <http://www.qrcode.es/es/generador-qr-code/>. Para la lectura de los códigos QR se ha utilizado el programa Quikmark, que se puede descargar gratuitamente de la siguiente dirección: <http://www.quickmark.com.tw/En/basic/downloadMain.asp>

Los pasos para crear un trabajo escrito escolar con AR y códigos QR han sido los siguientes:

- 1.º Redactar el texto y seleccionar la información gráfica que incluir.
- 2.º Elegir los marcadores de realidad aumentada y asociarlos a los modelos 3D. Para ello utilizaremos los programas de Aumentaty Author y Aumentaty Viewer, que son los programas más sencillos de utilizar y además de libre disposición.
- 3.º Generar los códigos QR de aquella información previamente seleccionada (vídeos, música, páginas web, etc.) por medio de uno de los múltiples programas generadores de códigos QR que actualmente podemos encontrar gratuitamente en Internet. Todos estos programas generan códigos QR a través de la URL que cada información tiene asociada al ser mostrada en Internet.
- 4.º Insertar las imágenes de los marcadores de realidad aumentada y de los códigos QR generados en las páginas del libro o publicación.
- 5.º Incluir las instrucciones que debe seguir el lector para visualizar y disfrutar del libro o trabajo escrito de realidad aumentada. Estas son: 1.º) Descargar Aumentaty Viewer e instalar el software en tu ordenador; 2.º) Imprimir el libro; 3.º) Hacer doble clic en el archivo .atx ; 4.ª) Colocarte delante del ordenador y mostrar las marcas a la webcam, y 5.º) Un modelo 3D aparecerá en la pantalla de tu ordenador sobre las páginas del libro que contengan una marca. Por esta razón es muy importante elaborar un archivo zip con el trabajo escrito en formato .doc o .pdf y el archivo .atx, que el lector debe descargar o tener a su disposición.

- 6.º Se tiene la posibilidad de compartir los trabajos escritos con Realidad Aumentada y QR en la Comunidad Aumentaty. Para compartir tu libro deberás proporcionar tanto el documento de texto (.pdf) como el archivo .atx generado con Aumentaty Author.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se llevó a cabo la experiencia de crear libros con AR y QR con los alumnos de 1.º de Bachillerato dentro de la asignatura de Ciencias del Mundo Contemporáneo, del IES Guadiana, de Villarrubia de los Ojos. Los trabajos consistían en la elaboración de una publicación escrita con un mínimo de 10 páginas y un máximo de 25, en la que había que emplear la tecnología de la realidad aumentada y los códigos QR. La actividad se realizó por grupos, cada uno de ellos formados por dos alumnos, y el tema sobre el que versaron los libros fue el mundo de la zoología, aunque, opcionalmente y previa autorización del profesor, también se pudo realizar sobre astronomía, biotecnología, tecnología o medioambiente. La condición que debía tener el trabajo era la presencia de al menos 5 marcadores de realidad aumentada y 2 códigos QR.

Algunas de las dificultades encontradas y errores que se cometieron, así como algunas sugerencias para mejorar los trabajos en cada uno de los pasos seguidos a la hora de realizar sus trabajos, son los siguientes:

- 1.º La redacción del texto es sin duda el paso más importante, ya que la calidad del trabajo va a venir en gran medida determinada por la calidad del texto redactado. Uno de los fallos más típicos de los alumnos es su tendencia a copiar y pegar de las fuentes utilizadas. Con el fin de evitar este serio problema, se les sugirió a los alumnos que redactaran un texto, pensando una situación ficticia, donde se estableciera un diálogo entre diversos personajes y a través de ellos se desarrollaran los contenidos o temas a tratar en su trabajo. Uno de los mejores trabajos fue el titulado «Mi primera clase de vertebrados», donde se trata el tema de los vertebrados simulando una clase que imparte una maestra a sus alumnos de 6.º de primaria (ver *Figura 1*). Por otra parte, la redacción de texto es un aspecto fundamental en el aprendizaje del alumnado, y las TIC, en este caso a través de las tecnologías de AR y QR, deben estar al servicio de la actividad curricular que cubra los objetivos docentes. No se trata de entretener al alumno con herramientas novedosas o deslumbrantes, sino de hacerles llegar los contenidos por medio de nuevos caminos.
- 2.º El principal problema encontrado por los alumnos a la hora de utilizar el Aumentaty Author fue la búsqueda e incorporación de los modelos 3D, ya que tienen que ser compatibles con la biblioteca del programa. El Aumentaty Author admite modelos .dae, .obj, .3ds y .fbx. En algunas ocasiones el programa no los admitía adecuadamente a pesar de ser en principio compatible con el formato. Otro problema era distinguir entre los ficheros generados por el Aumentaty Author, del tipo .aty, y los .atx. Estos últimos son los que se obtienen al exportar desde el Aumentaty Author y que, además, son los necesarios para ser leídos por el Aumentaty Viewer.
- 3.º Lo más fácil para el alumnado fue la incorporación de los códigos QR, la mayoría de ellos relativos a vídeos. Los propios alumnos crearon algunos vídeos que subieron a YouTube, para obtener la URL del vídeo necesaria para generar el código QR.
- 4.º A pesar de insistir en varias ocasiones, a muchos trabajos les faltó redactar las instrucciones para que el lector pudiese utilizar correctamente el libro o trabajo escrito.

Algunos de los trabajos realizados que se pueden ver y descargar son los siguientes (ver *Figuras 1-3*):

**MI CLASE DE VERTEBRADOS**

Trabajo escolar con AR y Códigos QR, de Andrea y Ángela, ambas alumnas de 1º Bachillerato. Han realizado un trabajo bastante original para dar a conocer a los alumnos de 6º de primaria el mundo animal de los vertebrados. El texto se basa en un diálogo entre la profesora y sus alumnos para explicar las principales características de los animales vertebrados.

box MODIFICACIÓN FINAL QR Y AR.pdf

¡Metaterios!: el bebé no se desarrolla del todo en la tripa de su mamá, y cuando nace tiene que vivir en una bolsa que se llama marsupio. Y el animal más saltarín pertenece a este grupo, ¿Quién es? – EL CANGURO ARTURO.

Pinchar aquí para descargar el archivo zip con los archivos .atx para ver los imágenes 3D asociadas a los marcadores.



Figura 1. «Mi clase de vertebrados» con código QR para descargar carpeta zip con el trabajo escrito y archivo atx para ver con Aumentaty Viewer.

**LAS PALMERAS (LIBRO DE REALIDAD AUMENTADA)**

Trabajo realizado por varias alumnas de 1º Bachillerato sobre el interesante mundo de las palmeras. Para poderlo visualizar es necesario descargar el archivo atx (pinchar para descargar aquí) y tener instalado el programa aumentaty viewer (pinchar aquí para descargar)

LIBRO DE REALIDAD AUMENTADA Y CÓDIGOS QR

1º BACH A

EL MUNDO DE LAS PALMERAS

LUCÍA VILLERO  
y  
CARMEN Mª ESPADERO

box



Figura 2. «El mundo de las palmeras»  
<http://qryreadaguadiana.blogspot.com.es/2013/04/las-palmeras-libro-de-realidad-aumentada.html>  
 y código QR para descargar archivos.



Figura 3. «Más allá de la Tierra»

<http://qryreadaguadiana.blogspot.com.es/2013/04/mas-alla-de-la-tierra-libro-de-realidad.html>  
y código QR para descargar archivos.

Además, se han realizado otros libros y trabajos, como «Un día en la vida de los sentidos» y varios más que se irán publicando paulatinamente en el blog titulado: «Experiencias con códigos QR y realidad aumentada en el IES Guadiana de Villarrubia de los Ojos» (<http://qryreadaguadiana.blogspot.com.es/>).

## CONCLUSIONES

Los libros o trabajos escritos que incluyen la realidad aumentada y códigos QR se diferencian de las publicaciones convencionales porque permiten ampliar la información gráfica (modelos 3D estáticos o animados) y acceder de forma rápida a información sonora, visual y digital. Por tanto, todos aquellos alumnos y profesores que conozcan y usen este tipo de herramientas podrán realizar trabajos escritos escolares más elaborados, con mayor información y más variada, y que resulten más motivadores e interesantes tanto para el lector como para el autor de los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, N. (s.f.). *Códigos QR*. Recuperado el 20 mayo de 2014 de <http://www.educacontic.es/blog/codigos-qr>
- ARAGUZ, M.<sup>a</sup> A. (2012). *Informática móvil y realidad aumentada: uso de los códigos QR en educación*. Recuperado el 20 de mayo de 2014 de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/ca/equipamiento-tecnologico/didactica-de-la-tecnologia/1072-informatica-movil-y-realidad-aumentada-uso-de-los-codigos-qr-en-educacion>
- CÓDIGO QR (s.f.). *Lectores de códigos QR*. Recuperado el 20 mayo de 2014 de <http://www.codigos-qr.com/lectores-codigos-qr/>
- HERNÁNDEZ, J. (2012). *54 Ideas para utilizar los códigos QR en educación*. Recuperado el 20 mayo de 2014 de <http://creaconlaura.blogspot.com.es/2012/03/54-ideas-para-utilizar-los-codigos-qr.html>

- REINOSO, R. (2012). *Realidad aumentada y educación*. Aumentaty. Recuperado el 20 mayo de 2014 de <http://www.ite.educacion.es/es/comunicaciones-congreso-contenidos-educativos-digitales/experiencias/892-realidad-aumentada-y-educacion-aumentaty>
- SANGRÁ, A. (2013). *La realidad aumentada y su aplicabilidad en el ámbito educativo*. Recuperado el 20 de mayo de <http://blogs.elpais.com/traspassando-la-linea/2013/07/la-realidad-aumentada-y-su-aplicabilidad-en-el-%C3%A1mbito-educativo.html>
- TECNOTIC (s.f.). *Cómo crear libros con Realidad Aumentada*. Recuperado el 20 mayo de 2014 de <http://www.americalearningmedia.com/edicion-016/191-tester/2351-como-crear-libros-con-realidad-aumentada->

# UTILIZACIÓN DE DIFERENTES RECURSOS DISPONIBLES EN LA WEB COMO APOYO DE LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Noelia Rosales Conrado, Luis Vicente Pérez Arribas, María Eugenia de León González

*Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias Químicas  
Universidad Complutense de Madrid, Avda. Complutense s/n 28040 Madrid  
noerosales@quim.ucm.es*

**Palabras clave:** Recursos educativos Web, Química, Internet, laboratorio virtual, simulación.

**Keywords:** Web educational resources, chemistry, Internet, virtual laboratory, simulation.

## Resumen

La enseñanza de la Química en la Educación Secundaria Obligatoria y en el Bachillerato debe aproximar la química a los alumnos y contribuir al desarrollo de capacidades como la utilización habitual de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC). El objetivo de este trabajo es presentar una serie de recursos Web que pueden ser de utilidad como material de apoyo en el marco educativo para la enseñanza y aprendizaje de la química, y poner de manifiesto las innumerables posibilidades que presentan estos recursos en el proceso educativo.

## Abstract

Chemistry teaching in Secondary (ESO) and High School should become familiar for students and promotes abilities such as the regular employment of information and communications technology (ICT). The aim of this paper is to present a series of web resources that might be used for chemistry teaching and learning. They may provide many opportunities in the education process.

## INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la Química en la Educación Secundaria Obligatoria y en el Bachillerato debe fomentar y despertar el interés de los estudiantes para que se familiaricen con la naturaleza de la actividad científica y su terminología, se impregnen en la cultura científica y comprendan la dimensión e importancia de la química en la vida cotidiana, junto al resto de las ciencias, así como sus aplicaciones. En esta familiarización, 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 de los alumnos o el análisis crítico de los resultados, aspectos fundamentales que dan sentido a la experimentación.

Por otro lado, la enseñanza de la Química en estas etapas debe estar, también, en concordancia con el desarrollo de otras capacidades docentes y hacer uso de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC), que ofrecen grandes posibilidades en relación con la enseñanza de la Química en estas etapas educativas y que permiten, por ejemplo, la realización de simulaciones y de experimentos químicos virtuales, el tratamiento de datos obtenidos experimentalmente en el laboratorio o la obtención y ampliación de información científica procedente de diferentes fuentes. No obstante, aunque las TIC poseen un papel destacado en la sociedad y, en concreto, en el ámbito de la educación,<sup>1</sup> su uso todavía no se ha generalizado ni se ha convertido en una práctica habitual en los centros educativos. De hecho, y a pesar de la importancia de su utilización, algunos autores ni siquiera las consideran herramientas necesarias para ofrecer una mejor educación<sup>2</sup>.

Los recursos educativos disponibles en la Web pueden ser una herramienta de utilidad para acercar la química a los alumnos haciendo uso de las TIC, y de esta manera:

- Conseguir una mayor implicación del alumnado en el aprendizaje de las ciencias.
- Complementar la enseñanza en el aula, el trabajo personal de los alumnos y la falta de recursos en los laboratorios de algunos centros educativos.
- Profundizar y reforzar los contenidos curriculares.
- Buscar un equilibrio entre la enseñanza teórica y práctica, que consiga involucrar, interesar y motivar al alumnado, logrando un aprendizaje significativo.

Sin embargo, no se puede obviar que existe actualmente un amplio abanico de recursos en la Web, algunos de ellos sin ningún contenido didáctico como objetivo. Por ello, este trabajo muestra recursos libres y gratuitos que podrían servir como material de apoyo en la enseñanza y aprendizaje de la Química y que podrían utilizarse con fines pedagógicos en nuestra labor docente durante el proceso educativo.

## RECURSOS WEB Y SU EMPLEO EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Los recursos disponibles en la Web pueden ser utilizados por el profesorado como actividades previas a la realización de prácticas en el laboratorio, como alternativa a las actividades propuestas en los libros de texto y para actividades en clase individuales o en grupos. Los alumnos, por su parte, pueden revisar, profundizar y aprender conceptos de química usando estos recursos, por lo que el profesorado debe seleccionar adecuadamente el material que pone a disposición de sus alumnos.

Después de realizar una búsqueda intensa en Internet y consultar multitud de enlaces, se han seleccionado, por su utilidad didáctica, los siguientes tipos de recursos:

- *Vídeos*: Elaborados por universidades en el marco de proyectos de innovación y mejora de la docencia, se encuentran fácilmente accesibles en páginas Web como YouTube, con la que los alumnos están muy familiarizados.
- *Laboratorios Virtuales de Química (LVQ)*: Ilustran conceptos de química y técnicas de laboratorio, permiten el diseño y la simulación de experimentos, el conocimiento y la utilización correcta del material

<sup>1</sup> MARTÍNEZ, H. (2007). Tecnologías de la Educación y Cambio Educativo. Tecnologías de la Información y docentes: una alianza pendiente. *XXII Semana monográfica de la Educación. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la Educación: retos y posibilidades*. Fundación Santillana, pp. 87-90.

<sup>2</sup> MARCHESI, A. (2007). Tecnologías de la Educación y Cambio Educativo. Palabras de bienvenida. *XXII Semana monográfica de la Educación. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la Educación: retos y posibilidades*. Fundación Santillana, pp. 54-57.

e instrumentación básica del laboratorio y, en ocasiones, ofrecen lecciones interactivas y animaciones. Este tipo de recurso permite, por ejemplo, la revisión de la estructura de la materia y la simulación de modelos atómicos, la visualización de las estructuras de sólidos y de cristales, la profundización en conceptos termodinámicos y de equilibrio químico, el concepto de ácido y base, el pH, las reacciones de neutralización y las volumetrías ácido-base, las reacciones de oxidación-reducción, etc.

- *Tablas periódicas interactivas*: Suministran datos sobre los elementos químicos, las configuraciones electrónicas o las propiedades periódicas.
- *Bases de datos especializadas*: Algunas de ellas, como la base de datos NIST (National Institute of Standards and Technology),<sup>3</sup> proporcionan información de las sustancias químicas y sus propiedades.
- *Programas*: La utilización de programas informáticos gratuitos y de acceso fácil también puede ser un buen complemento como material de apoyo para la enseñanza de la química. Programas como ACD/ChemSketch (ACD/Labs)<sup>4</sup> para formulación, nomenclatura, dibujar estructuras de moléculas, calcular masas moleculares y estudiar los compuestos del carbono, o programas como Avogadro,<sup>5</sup> para la visualización de modelos moleculares, pueden ser de gran utilidad para el desarrollo de las capacidades de los estudiantes y la formación de una opinión propia que permita al alumno expresarse con criterio en aquellos aspectos relacionados con la química.
- *Hojas Excel interactivas*.<sup>6</sup> Permiten realizar multitud de simulaciones y tratar datos experimentales. Estas hojas interactivas son simuladores similares a los *applets* de Java, pero al estar hechos en Excel funcionan de forma autónoma y no requieren abrirse en una página Web.

Entre todos los contenidos curriculares que se pueden complementar con los recursos disponibles en la Web, se han seleccionado como ejemplos representativos: la aproximación a los laboratorios de química, el conocimiento y estructura de la materia (tabla periódica y propiedades periódicas), y las reacciones ácido-base. A continuación, se describen los recursos Web que pueden complementar estos contenidos, dónde descargarlos o acceder a ellos y cómo emplearlos con fines educativos.

## I. APROXIMACIÓN AL LABORATORIO

Tomando como referencia el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Madrid,<sup>7</sup> la aproximación al laboratorio se contempla en la materia de Física y Química de tercer y cuarto curso en los bloques de Introducción a la Metodología Científica y de Introducción al Trabajo Experimental, respectivamente. Puesto que se trata de introducir a los alumnos en el trabajo de laboratorio, algunos aspectos que tratar o complementar de acuerdo con los contenidos curriculares podrían ser:

- Riesgos y seguridad.
- Conocimiento, identificación y descripción del material de laboratorio.
- Técnicas básicas de laboratorio: medición de masa y de volumen.
- Preparación de disoluciones.

Los recursos que pueden ser de utilidad didáctica son fundamentalmente vídeos, aunque algunos laboratorios virtuales también contemplan el conocimiento del material de laboratorio y actividades para

<sup>3</sup> <http://webbook.nist.gov/chemistry>

<sup>4</sup> <http://www.acdlabs.com/resources/freeware/chemsketch/>

<sup>5</sup> [http://avogadro.openmolecules.net/wiki/Main\\_Page](http://avogadro.openmolecules.net/wiki/Main_Page)

<sup>6</sup> [http://academic.pgcc.edu/~ssinex/excelets/chem\\_excelets.htm](http://academic.pgcc.edu/~ssinex/excelets/chem_excelets.htm)

<sup>7</sup> BOCM Núm. 126 del 29/05/2007, pp. 57-60.



identificarlo. Los enlaces que podrían ser adecuados para desarrollar los contenidos propuestos anteriormente son los siguientes:

[http://www.youtube.com/watch?v=IEbcff\\_iGcY](http://www.youtube.com/watch?v=IEbcff_iGcY)

Este enlace permite acceder a un vídeo elaborado por la Universidad de Sevilla (ISBN-978-84-693-8629-3) que permite acercar al alumnado al laboratorio y tratar contenidos fundamentales, como riesgos y seguridad, material de laboratorio, medida de volúmenes, balanzas y pesada.

<http://www.youtube.com/watch?v=qkbBgjgGj8k>

<http://www.youtube.com/watch?v=AlMd0gVEYeg>

<http://www.youtube.com/watch?v=CE2te7LVCQE>

Estos tres vídeos forman parte del material docente elaborado en formato digital por el Grupo de Recursos para la Didáctica de la Química del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Cataluña en el marco de proyectos de mejora de la docencia. Este material didáctico permite introducir de forma muy atractiva para el alumnado operaciones básicas de laboratorio, como la medición de masa, de volumen y la preparación de disoluciones. Utilizando estos recursos, los alumnos pueden, por tanto, conocer el material necesario para la pesada, distinguir un granatario de una balanza analítica y aprender a manejar el material volumétrico.

<http://labovirtual.blogspot.com.es/p/material-de-laboratorio.html>

Este laboratorio virtual, elaborado por Salvador Hurtado Fernández, profesor de Física y Química en el IES Aguilar y Cano de Estepa (Sevilla), constituye una aplicación didáctica muy interesante que, entre otras actividades, propone el conocimiento del material de laboratorio y plantea un test de preguntas sobre su utilización.

## 2. CONOCIMIENTO Y ESTRUCTURA DE LA MATERIA

El conocimiento y estructura de la materia se aborda desde el currículo<sup>8</sup> en la materia de Física y Química de tercer y cuarto curso de la ESO en los bloques de Diversidad y Unidad de Estructura de la Materia, y en el de Estructura y Propiedades de las Sustancias, respectivamente. Análogamente, el currículo de Bachillerato<sup>9</sup> contempla, tanto en la materia de Física y Química como de Química, el átomo y sus enlaces, la estructura atómica y la clasificación periódica de los elementos, y el enlace químico y las propiedades de las sustancias.

Algunos contenidos fundamentales que se podrían tratar y complementar con los recursos disponibles en la Web son la tabla periódica y las propiedades periódicas. Utilizando estos recursos, se pueden proponer diferentes actividades a los alumnos enfocadas al estudio de la tabla periódica, a deducir las propiedades periódicas de elementos y las propiedades de compuestos, y a contrastar esta información con la contenida en bases de datos especializadas.

Para introducir y acercar al alumnado a la tabla periódica, existe una gran variedad de vídeos en páginas Web, como YouTube. Algunos de ellos son vídeos muy didácticos y sencillos que tratan de cómo se organizan los elementos en la tabla periódica y la información que contiene para cada uno de ellos. El enlace para descargar el vídeo que muestra cómo leer la tabla periódica es el siguiente:

<http://www.youtube.com/watch?v=50WpJl06eu0>

<sup>8</sup> BOCM núm. 126 del 29/05/2007, pp. 57-60.

<sup>9</sup> BOCM núm. 152 del 27/06/2008, pp. 62-63, 67.

Además de vídeos, existen otros recursos en la Web, como las tablas periódicas interactivas, que muestran información sobre los elementos químicos, sus propiedades físico-químicas y periódicas, e incluso una representación de los orbitales del elemento y los compuestos que forman cada uno de ellos. Algunos enlaces de interés son:

<http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/lentiscal/1-cdquimica-tic/index.htm>

Este enlace permite acceder al LVQ elaborado por el Grupo Lentiscal, de Investigación e Innovación Educativa en Didáctica de las Ciencias (profesores de Física y Química de Educación Secundaria de Gran Canaria).

<http://tablaperiodica.educaplus.org/>

Esta tabla periódica resulta de utilidad para alumnos de todos los niveles educativos, tanto de ESO como Bachillerato, y muestra para cada uno de los elementos información sobre su estructura y propiedades, historia, abundancia, preparación, usos e isótopos.

<http://www.rsc.org/periodic-table/>

Elaborada por la Royal Society of Chemistry muestra una tabla periódica interactiva en inglés.

<http://modelscience.com/PeriodicTableSp.html>

Esta dirección ofrece una simulación avanzada para su uso en educación. Elaborada por Model Science Software, ofrece la posibilidad de acceder a tablas periódicas interactivas en diversos idiomas.

<http://www.periodicvideos.com/>

Perteneciente a la Universidad de Nottingham, esta tabla periódica permite descargar vídeos de cada uno de los elementos químicos.

<http://www.ptable.com/>

Se trata de una tabla periódica dinámica que incluye una serie de enlaces a Wikipedia y a vídeos.

<http://www.mrbigler.com/documents/Periodic-Table.xls>

Esta dirección Web permite descargar una tabla periódica en formato Excel.

[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93\\_iniciacion\\_interactiva\\_materia/curso/materiales/tabla\\_period/tabla.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/tabla_period/tabla.htm)

Este enlace incluye algunos juegos educativos, como un puzzle con el que se puede construir una tabla periódica arrastrando los elementos a su lugar correspondiente. Además propone distintas actividades, fundamentalmente cuestionarios o test para el estudio de las propiedades periódicas.

Las tablas periódicas interactivas pueden ser un recurso didáctico de bastante utilidad y de fácil aplicación en el aula. Por ejemplo, utilizando la información contenida en tablas como la de Educaplus se pueden proponer diversas actividades a los alumnos para el estudio de las propiedades periódicas, como la representación gráfica de determinados datos para ver si existe una tendencia en los mismos. Así, los alumnos pueden representar, de entre todas las propiedades, algunas de los elementos que se encuentran en una misma fila o columna con una tabla de Excel, obtener sus propias conclusiones y establecer una discusión al respecto (*Figura 1a*).

Además de las tablas periódicas interactivas, las hojas Excel interactivas ([http://academic.pgcc.edu/~ssinex/excelets/chem\\_excelets.htm](http://academic.pgcc.edu/~ssinex/excelets/chem_excelets.htm)) también pueden ser muy útiles para estudiar las propiedades periódicas, ya que permiten obtener gráficos sobre cómo varían propiedades como el radio atómico, la energía de ionización, afinidad electrónica o electronegatividad, en función de los números atómicos.

Así, utilizando los recursos disponibles en las tablas periódicas o en las hojas Excel interactivas, los alumnos podrían visualizar la variación de las propiedades periódicas seleccionadas y establecer una comparación con las representaciones que han realizado en las actividades previas planteadas (Figura 1b).

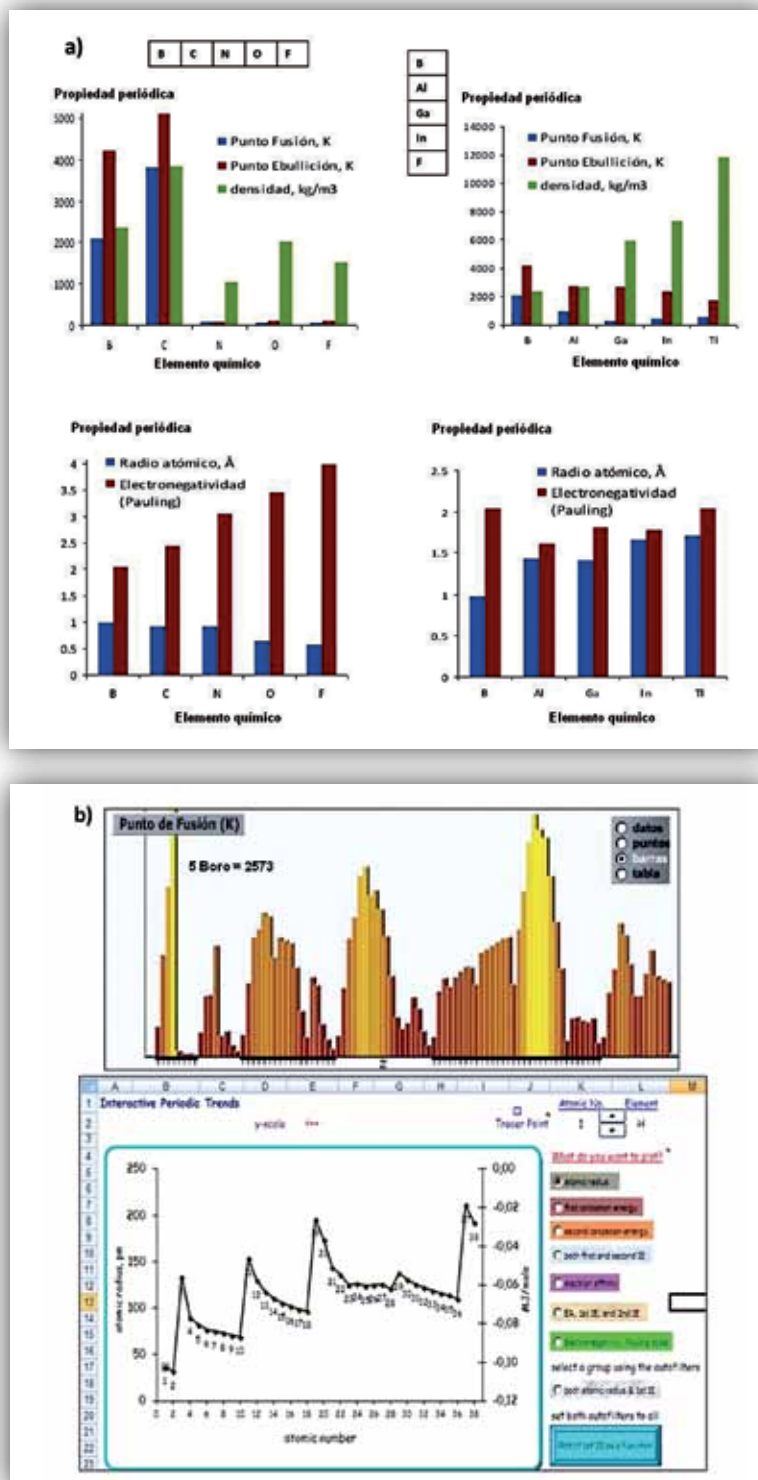


Figura 1. Ejemplo de actividades que se pueden plantear a los alumnos y que muestran la aplicación de la información disponible en tablas periódicas y hojas Excel interactivas.

Fuente: [http://academic.pgcc.edu/~ssinex/excelets/chem\\_excelets.htm](http://academic.pgcc.edu/~ssinex/excelets/chem_excelets.htm) <http://tablaperiodica.educaplus.org/>

### 3. REACCIONES ÁCIDO-BASE

Por último, se describen algunos recursos Web para complementar el estudio de reacciones ácido-base, contempladas en el currículo de segundo de Bachillerato.<sup>10</sup>

Algunos aspectos a tratar o complementar de acuerdo con los contenidos curriculares podrían ser: concepto y escala de pH, medida del pH, pH de disoluciones, concentración de especies en disolución y volumetrías ácido-base, con especial énfasis en las curvas de valoración, los puntos de equivalencia y los indicadores visuales ácido-base. Los recursos que pueden servir de material de apoyo son fundamentalmente laboratorios virtuales, lecciones interactivas, vídeos y animaciones. Los enlaces más representativos se indican a continuación:

<http://labovirtual.blogspot.com.es/p/quimica.html>

A modo de ejemplo, entre todas las actividades que plantea este LVQ, se puede introducir el concepto de ácido y base a través de las siguientes actividades:

- pH metro: <http://labovirtual.blogspot.com.es/search/label/pH-metro>

Esta actividad permite determinar el pH de disoluciones de ácidos y bases fuertes o débiles y de sales de distinta concentración. La experiencia se completa con actividades que permiten clasificar las disoluciones como ácida, básica o neutra.

- Indicadores ácido-base:

<http://labovirtual.blogspot.com.es/search/label/Indicadores%20%C3%A1cido%20base>

Los indicadores ácido-base cambian de color con el pH y, por tanto, permiten detectar visualmente la variación del pH de las disoluciones. Con esta sencilla y entretenida aplicación, los estudiantes pueden determinar de forma aproximada el intervalo de viraje de una serie de indicadores y explicar teóricamente sus observaciones.

- Indicador universal de pH:

<http://labovirtual.blogspot.com.es/search/label/Indicador%20universal%20de%20pH>

Mediante esta actividad, los alumnos pueden aprender a utilizar el papel indicador de pH y determinar, por comparación del color de la disolución con los colores de la escala de pH, el pH de diferentes disoluciones. Posteriormente se pueden comprobar las respuestas.

- Curvas de valoración:

<http://labovirtual.blogspot.com.es/search/label/Curvas%20de%20valoraci%C3%B3n%20%C3%A1cido-base>

Esta actividad permite obtener las curvas de valoración de un ácido fuerte con una base fuerte o viceversa, de un ácido débil con una base fuerte y una base débil con un ácido fuerte. También se puede estimar el pH del punto de equivalencia y seleccionar el indicador o indicadores más adecuados para cada valoración.

Para obtener la curva de valoración con más o menos puntos, se pueden seleccionar el volumen de valorante añadido, de modo que la simulación muestra el volumen total añadido de valorante y el pH tras cada adición.

<sup>10</sup> BOCM núm. 152 del 27/06/2008, pp. 67-68.

Por otro lado, los alumnos pueden analizar el sentido de la curva de valoración para deducir la naturaleza de la sustancia valorada y aprender a deducir el volumen y el pH del punto de equivalencia.

<http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/lentiscal/I-cdquimica-tic/index.htm>

Este laboratorio virtual proporciona lecciones interactivas, vídeos y animaciones, y en relación con el tema de ácido-base proporciona actividades como:

- pH de la disolución:

[http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/lentiscal/I-cdquimica-tic/FlashQ/Acido-Base/ph\\_meter%5BI%5D.swf](http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/lentiscal/I-cdquimica-tic/FlashQ/Acido-Base/ph_meter%5BI%5D.swf)

A través de estas animaciones se puede determinar el pH de disoluciones de ácidos, bases, sales y tampones seleccionando previamente su volumen y concentración.

- Volumetrías ácido-base:

<http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/lentiscal/I-cdquimica-tic/FlashQ/Acido-Base/VolumetriaNeutralizacion/VolumetriasAcidobase.htm>

Esta lección interactiva incluye una simulación para que los alumnos aprendan cómo se puede determinar la concentración de un ácido o de una base midiendo volúmenes en una valoración ácido-base. Además plantea una serie de cuestiones para que el alumno ponga en práctica y aplique los conocimientos adquiridos.

[http://academic.pgcc.edu/~ssinex/excelets/chem\\_excelets.htm](http://academic.pgcc.edu/~ssinex/excelets/chem_excelets.htm)

Además de los LVQ mostrados, también puede resultar de utilidad el uso de hojas Excel interactivas para la simulación de curvas de valoración ácido-base o el estudio de disoluciones reguladoras.

## CONCLUSIONES

Los recursos disponibles en la Web tienen un gran potencial como material de apoyo en educación, por lo que el profesorado no se puede quedar al margen y debe aprovechar al máximo todas sus posibilidades. Este tipo de recursos puede contribuir a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la química y ser una fuente de diferentes recursos didácticos para el profesorado. Además, su utilización puede ayudar a integrar las TIC con la Química en la Educación Secundaria y en el Bachillerato, como uno de los ámbitos de mejora del proceso educativo.

# **LA CIENCIA MÁS ALLÁ DE LA TEORÍA**

---



# INTERPRETACIÓN PLÁSTICA DEL PAISAJE A PARTIR DE LA AUDICIÓN DE OBRAS MUSICALES

Pilar Calvo, Lorenzo Carmona, Laura Cuervo, Carlos Rodríguez

*IES Jorge Guillén, c/Olímpico Francisco Fernández Ochoa s/n*

*28923 Alcorcón (Madrid)*

<http://iesnuevo.wordpress.com/>

[pcalvo@ucm.es](mailto:pcalvo@ucm.es)

Trabajo realizado a partir del proyecto concedido por el Centro Territorial de Innovación y Formación Madrid Sur (Dirección General de Mejora de la Calidad de la Enseñanza, CAM).

Grupo de trabajo: 427-Interpretación plástica del paisaje a partir de la audición de obras musicales.

## Resumen

En el presente trabajo se ha realizado una experiencia interdisciplinar –en diferentes cursos de la ESO– consistente en la audición de obras musicales en relación con la música descriptiva paisajística, su análisis técnico en la asignatura de Música, su interpretación naturalista en la asignatura de Ciencias de la Naturaleza y su representación plástica en la asignatura de Dibujo. Las láminas plásticas elaboradas por el alumno se han sincronizado con el momento musical, obteniéndose un vídeo montaje que ha constituido el resultado final del proyecto.

## Abstract

In the current essay, we have carried out an interdisciplinary activity in different secondary school courses. It has involved the audition of musical landscape works, their technical analysis in the subject of music, their naturalist interpretation in science and their plastic art representation in drawing subject. The drawing sheets made by pupils have been synchronized with the musical event; therefore we have obtained a video editing which has been the final result of our project.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, muchos educadores somos conscientes de que una de las principales causas del fracaso escolar es la dificultad, por parte de nuestros alumnos, para concentrarse. Estamos tan acostumbrados a la contaminación acústica que no percibimos la mayoría de los sonidos de nuestro entorno. La percepción auditiva se efectúa de forma automática y casi exenta de atención, por lo que los sonidos se han convertido en un hecho acústico excepcional y reservado a ciertos lugares y ocasiones. Reconquistar la



complejidad y riqueza de la escucha otorgándole un significado coherente exige, actualmente, un esfuerzo de concentración considerable. En este sentido, Fernando Palacios (1997)<sup>1</sup> dice que «vivir entre polución sonora desgasta la sensibilidad auditiva y la costumbre de atender».

Por otro lado, nuestros alumnos perciben el aprendizaje de las diferentes asignaturas como conocimientos estancos, con escasos vínculos de conexión y menos si estamos hablando de relaciones entre las denominadas asignaturas de «ciencias» y «letras».

Con estas dos premisas nos planteamos, por tanto, realizar un proyecto didáctico en el que fuera necesario trabajar con los alumnos su capacidad de concentración, de sensibilidad, desarrollando competencias que nos permitieran enlazar materias de su currículo difícilmente vinculadas en el contenido académico formal pero que, sin embargo, lo están en el contexto cultural.

Como hilo conductor del proyecto se propuso la interpretación plástica de su entorno a partir de la audición de música paisajística, de la evocación de un determinado paisaje por medio del arte sonoro. Por otro lado, en nuestro entorno escolar y en la adolescencia, los alumnos nos hacen sentir cierta tristeza por su conexión tecnológica con todo un mundo virtual y su desconexión vital con todo un entorno real; en este sentido, el conocimiento de los componentes del paisaje desde la asignatura de Biología y Geología nos permitiría llegar a una elaboración plástica más rigurosa induciendo su sensibilidad hacia el mismo y hacia los elementos que lo componen. De esta manera, se reforzará, por tanto, su conocimiento naturalista para que sea utilizado como herramienta de su expresión artística, en la doble vertiente, musical y plástica.

## METODOLOGÍA DEL PROYECTO DIDÁCTICO

La experiencia se ha llevado a cabo con un grupo de 1.º ESO y dos grupos de 3.º ESO y algún alumno de 4.º ESO.

La metodología empleada en la asignatura de Música ha consistido en la selección de determinadas obras musicales para ser escuchadas y analizadas por el alumnado. Se ha pretendido que las obras seleccionadas se adecuaran a ambientes paisajísticos contrastantes (I. ALBÉNIZ: *Suite Iberia*, «Asturias» y «Sevilla»); a imágenes desdibujadas de la naturaleza que pudieran ser fuertemente evocadoras (CL. DEBUSSY, *El Mar*, «Del alba al mediodía en el mar», «Juegos de las olas», «Diálogo entre el viento y el mar»); a fenómenos naturales estacionales (A. VIVALDI, *Las cuatro estaciones*, «La Primavera»); y también se ha tenido en cuenta que las audiciones ayudaran a interiorizar la pertenencia de nuestro planeta a un sistema solar y su fluir en la inmensidad del universo (G. HOLST, *Los Planetas*, «Venus» y «Júpiter»).

Por último, los alumnos han visualizado un vídeo titulado *Obertura para un paisaje urbano* (<http://vimeo.com/37852256>), cuyo guion se desarrolla por medio de la imagen (J. A. ROMÁN) y de la banda sonora (E. IGOA). Su mensaje se sintetiza en la acción del ser humano en el medio que nos rodea y sus inevitables consecuencias; por sus características y su configuración, esta obra multimedia ha calado de forma especial en el alumnado.

La metodología en el ámbito plástico se ha centrado en la elaboración de láminas que los alumnos han realizado inspirándose en las impresiones musicales previamente recibidas. Para ello, han ido asociando tonalidades frías o cálidas, de acuerdo al contenido expresivo de la música, y han ido estructurando el espacio del papel guiados por la estructura musical. En otro momento del trabajo de expresión plástica, los alumnos también han tenido en cuenta la representación de paisajes físicos, optando entonces por una técnica más figurativa y descriptiva.

---

<sup>1</sup> PALACIOS, F. (1997). *Escuchar*. Las Palmas de Gran Canaria, (Fundación Orquesta Filarmónica de Gran Canaria), C. Ediciones.

Por último, y en el ámbito del análisis de los elementos bióticos y abióticos del paisaje, se han realizado fichas de los componentes principales que lo integran, de forma que el conocimiento científico se utilice para una mejor representación plástica tanto en el aspecto cromático como en las formas.

## RESULTADOS

Los principales resultados obtenidos en relación con cada una de las asignaturas implicadas han sido:

### En el aspecto musical se ha conseguido,

- La aproximación de los alumnos con la música descriptiva y especialmente con obras antes desconocidas para ellos de la denominada música culta<sup>2</sup>.
- El análisis técnico de las diferentes audiciones y el conocimiento de los recursos técnicos empleados por los compositores a través de los diferentes estilos musicales.

### En el aspecto plástico se ha conseguido,

- Transcribir el lenguaje musical en una expresión plástica.
- Trabajar con la expresión que ofrece la gama cromática y adecuarla a los momentos musicales.

### En el aspecto naturalista se ha conseguido,

- Conocer los diferentes elementos del paisaje (abióticos, bióticos y antrópicos) y la importancia de su adecuada representación para una evocación precisa del momento musical.

En general, la pretensión fundamental de este trabajo ha sido provocar el desarrollo de algunas dimensiones competenciales, sin descuidar el tratamiento de los demás elementos curriculares prescriptivos para los cursos donde se ha llevado a cabo. Entre las competencias trabajadas destacan especialmente:

- Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.
- Tratamiento de la información y competencia digital.
- Competencia cultural y artística.
- Competencia para aprender a aprender.
- Autonomía e iniciativa personal.

Además, se ha conseguido implicar activamente al estudiante en procesos de construcción del conocimiento así como de su comunicación a la sociedad: el resultado final se presentó en las jornadas culturales del IES, celebradas en abril de 2014; la comunidad educativa lo puede ver en la página Web del centro; y todas las láminas decoran el vestíbulo central de uno de los edificios del IES Jorge Guillén.

---

<sup>2</sup> La expresión «música culta» está muy extendida dentro de la comunidad científica para referirse a los estilos musicales que van desde la música antigua, pasando por la música medieval, la música renacentista, barroca, clásica, del romanticismo, nacionalista, del impresionismo, vanguardias, hasta la música contemporánea de los siglos XX y XXI. Otros autores como Pérez Díaz prefieren la utilización de la expresión «música clásica» para estos mismo estilos (Pérez Díaz, P. (2009). Fronteras y límites en la recepción crítica del fenómeno musical: La cuestión de la llamada música culta. *Cuadernos del Ateneo*, 28, 57-68. Recuperado de <http://www.ateneodelalaguna.es/pdf/ATENEO28/az.pdf>).

A continuación, se sintetizan las láminas realizadas por los alumnos sobre cada una de las audiciones:

*PAISAJE URBANO*, ENRIQUE IGOA



*LA PRIMAVERA*, ANTONIO VIVALDI



*SEVILLA*, ISAAC ALBÉNIZ



*ASTURIAS*, ISAAC ALBÉNIZ



*EL MAR*, CLAUDE DEBBUSY



*LOS PLANETAS, GUSTAV HOLST*



**CONCLUSIONES Y EVALUACIÓN**

El trabajo ha sido muy satisfactorio para alumnos y profesores. Los primeros se han encontrado implicados en el conocimiento del entorno de una forma estimulante y los profesores hemos disfrutado con el trabajo interdisciplinar y con el resultado final obtenido.

No obstante y con el fin de valorar alguno de los aspectos del trabajo realizado, se pasó una encuesta tanto a profesores como a alumnos, siendo los resultados los que se muestran a continuación.

**PROYECTO DIDÁCTICO EN EL IES JORGE GUILLÉN. CURSO 2013-2014**  
**ANÁLISIS DEL PAISAJE A PARTIR DE LA AUDICIÓN DE OBRAS MUSICALES Y SU EXPRESIÓN PLÁSTICA.**  
**DEPARTAMENTOS: CIENCIAS NATURALES, PLÁSTICA, MÚSICA Y TIC**

Marca con un aspa la puntuación, de 1 a 5 (5 = valoración más positiva) cada uno de los siguientes apartados:

Cuestionario para profesores	1	2	3	4	5
1. Valoración estética (del montaje audiovisual final)					
2. Grado de innovación académica					
3. ¿Crees que el proyecto contribuye a que el alumnado profundice en los contenidos curriculares implicados en las materias participantes?					
4. ¿Consideras interesante este tipo de proyectos para la Comunidad Educativa del Centro?					

Cuestionario para alumnos	1	2	3	4	5
Valoración estética (del montaje audiovisual final)					
¿Te parece innovador?					
Calidad de trabajo/esfuerzo					
Si participaste, ¿te gustaría repetir una experiencia similar?					



Es de destacar que:

- Los profesores han valorado muy positivamente la experiencia.
- Desde la perspectiva del alumno, el tratar los contenidos de manera transversal ha estimulado su interés por el tema y ha ayudado a una mejor comprensión de la materia.
- La innovación metodológica que incorpora nuevas tecnologías ha acercado el proceso didáctico al mundo del adolescente, el cual ha recibido con entusiasmo la iniciativa.
- Los alumnos que no participaron son los que valoran con menor grado una posible participación en este tipo de proyectos. Ello conduce a pensar que el conocimiento es el que conduce al placer de saber; a disfrutar y por eso los que sí han participado volverían a repetir la experiencia en alto grado.

# REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES CREATIVAS EN EL AULA PARA CAMBIAR LA ACTITUD DEL ALUMNADO HACIA LA CIENCIA

Belén Fernández-Sánchez

*CES y FP 1.º de Mayo*

*c/ Barros, 11. 28055 MADRID*

*Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación*

*Universidad Complutense de Madrid*

*belen.fernandezsanchez@educa.madrid.org*

Ángel Ezquerro Martínez

*Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación*

*Universidad Complutense de Madrid*

## Resumen

En este trabajo se muestran una serie de actividades destinadas a motivar y despertar el interés del alumnado hacia la ciencia, en general, y la física y la química, en particular. Mediante la realización de este tipo de actividades se puede crear un contexto favorable para que el alumnado experimente un cambio actitudinal mediante una visión más activa y cercana de la ciencia. Aunque las actividades que se muestran aquí están pensadas para trabajar contenidos sobre los estados de agregación y el modelo cinético-molecular, se pueden utilizar este tipo de actividades para trabajar prácticamente cualquier concepto.

## Abstract

In this paper, we present some activities aimed to motivate and arouse the interest of students towards science. By performing these activities, a favourable context for students to experience an attitudinal change can be created. Even though the activities showed here are thought to work contents about the aggregation state of the matter and the kinetic-molecular model, this kind of activities can be used to work any curricular content.

## INTRODUCCIÓN

No es raro escuchar con cierta frecuencia entre los profesores de ciencias de Educación Secundaria su descontento ante la actitud que el alumnado tiene en clase, con su falta de motivación, de interés, con el

deterioro del clima educativo dentro de las aulas, con la discordancia entre sus intereses y los del propio alumnado... Pero, paradójicamente, y a pesar de esto, el profesorado de ciencias no suele incluir entre sus objetivos la educación en actitudes (POZO Y GÓMEZ, 1998)<sup>1</sup>, centrando casi exclusivamente sus propuestas en un listado de contenidos (PALMA, 2010)<sup>2</sup>. Este desajuste tiende a generar una situación de cansancio y falta de motivación en el día a día del profesorado (PORLÁN Y MARTÍN DEL POZO, 2002)<sup>3</sup>.

Es cierto que podemos buscar muchos responsables ante esta situación: la Administración, por hacer oídos sordos a las numerosas demandas de la comunidad educativa; las familias, por no apoyar la labor docente; el propio alumnado, por su «falta de esfuerzo», etc. Pero también es cierto que nosotros y nosotras, como docentes, tenemos una gran responsabilidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como una gran influencia entre nuestro alumnado. Este hecho se puede aprovechar para cambiar su percepción hacia la ciencia, en general, y hacia la física y la química, en particular; ya que, tal y como muestra Zamora (2004)<sup>4</sup> en su estudio, el problema de las vocaciones científicas no está entre el alumnado que escoge carrera universitaria, sino entre el alumnado de Secundaria. Se podría afirmar pues que, por norma general, en esta etapa educativa, las ciencias son poco atractivas.

El objetivo de este trabajo es despertar el interés del alumnado hacia la ciencia, en general, y hacia la física y la química, en particular, mediante la realización de una serie de actividades creativas relacionadas con los contenidos que se están trabajando en clase. A su vez, se intentarán relacionar, mediante estas mismas actividades, los contenidos que se están viendo con situaciones cotidianas, de modo que el alumnado perciba la ciencia como algo más cercano y útil y, por lo tanto, más atractiva (FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ; EZQUERRA; ARILLO, 2012)<sup>5</sup>.

## PUESTA EN MARCHA

Mediante la realización de las actividades que se van a describir a continuación se pueden trabajar contenidos relacionados con la materia, sus estados de agregación y el modelo cinético-molecular, tanto en 3.º de ESO (Decreto 23/2007)<sup>6</sup>, como en el segundo curso del Programa de Diversificación Curricular (Orden 4265/2007)<sup>7</sup>. Bien es cierto que dichas actividades son meros ejemplos, existiendo una variedad enorme de actividades creativas que se pueden realizar en clase para trabajar, prácticamente, cualquier concepto.

Como ya se ha comentado, el objetivo de este trabajo es despertar la curiosidad y el interés de nuestro alumnado. Algunas características comunes a este tipo de actividades que nos van a beneficiar notablemente a la hora de conseguir nuestro objetivo son, entre otras, las siguientes:

<sup>1</sup> POZO, J. I. Y GÓMEZ, M. (1998). *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid, Morata, pp. 33-51.

<sup>2</sup> PALMA, S. (2010). Las creencias curriculares de los profesores de ciencias: una aproximación a las teorías implícitas sobre el aprendizaje. *Horizontes Educativos*, 15(1), 23-36.

<sup>3</sup> PORLÁN, R. Y MARTÍN DEL POZO, R. (2002). Spanish teachers' epistemological and scientific conceptions: implications for teacher education. *European Journal of Teacher Education*, 25, (2/3), 151-169.

<sup>4</sup> ZAMORA, J. (2004). Un estudio estadístico sobre la supuesta «crisis de vocaciones científicas». *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 13, 38-46.

<sup>5</sup> FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, B., EZQUERRA, Á. Y ARILLO, M. A. (2013). Ciencia a diario. Actas del II Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza. *Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato*. Madrid, Santillana.

<sup>6</sup> DECRETO 23/2007, de 10 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria.

<sup>7</sup> ORDEN 4265/2007, de 2 de agosto, de la Consejería de Educación, por la que se regula el programa de diversificación curricular en la Educación Secundaria Obligatoria para la Comunidad de Madrid.

- Rompen con la rutina de la clase ordinaria donde el profesor o profesora se limita a explicar del libro de texto, mandar y corregir ejercicios.
- Acercan la ciencia al alumnado, ya que, por un lado, se relacionan los contenidos teóricos que se están trabajando en clase con situaciones de su día a día; por otro lado, los propios alumnos y alumnas pueden reproducir estas actividades, explicando el fundamento científico que hay detrás de cada una.
- Tienen un carácter activo y experimental.

Otra característica importante de este tipo de actividades es que, para su puesta en marcha, se utilizan, por lo general, materiales comunes que se pueden encontrar fácilmente, como globos, botellas, comida, etc. Por otro lado, no es necesario invertir una gran cantidad de tiempo, ni para su preparación ni para su puesta en marcha, no llegando a superar, en su mayoría, los diez minutos. Por último, hay que destacar que pueden encontrarse multitud de ejemplos en libros, páginas Web, blogs de profesores y catálogos de ferias de la ciencia (al final del artículo se indican algunos recursos que pueden resultar de utilidad), por lo que la falta de ideas no es una excusa para no realizar este tipo de actividades en clase.

Hay que tener en cuenta que, a la hora de llevar a cabo estas actividades, siempre se actuará de un modo similar. Será el profesor o profesora el encargado de mostrar la actividad. Una vez hecha, se lanzará al alumnado la siguiente pregunta: *¿por qué sucede lo que acabáis de ver?* Esta pregunta tiene que ser contestada por los alumnos y alumnas en una puesta en común, que será guiada por el docente. Para finalizar, se relacionará el experimento con situaciones cotidianas.

A continuación se explican algunas actividades para trabajar contenidos relacionados con el modelo cinético-molecular de la materia, los estados de agregación y la presión atmosférica, entre otros.

### 1. MODELO CINÉTICO-CORPUSCULAR CON PELOTAS DE PING-PONG

Con esta actividad se pretende dar una explicación de las distintas propiedades de cada estado de agregación utilizando un modelo hecho con pelotas de ping-pong y una jaula (también vale una caja transparente o un acuario) abierta por su parte superior. Las pelotas, que estarán siempre en continuo movimiento, representarán las partículas que forman la materia.

Mediante la puesta en marcha de esta actividad se pueden explicar distintas situaciones cotidianas, como el hecho de que el olor de la comida sea más intenso cuando se está cocinando o por qué el que una persona fume a tu lado te perjudica de manera directa, mientras que no lo hace si bebe alcohol o que si consume otro tipo de drogas. Además, para hacer partícipe al alumnado en esta actividad, podemos «jugar» lanzando las pelotas y visualizando de este modo lúdico por qué se puede oler una muestra. En este caso se puede entender la importancia de la cercanía y la concentración de moléculas en los alrededores.

### 2. GLOBO HINCHADO SIN SOPLAR

Se coloca un globo en la boca de un erlenmeyer, matraz o similar, y se calienta el recipiente con un mechero bunsen. A continuación el globo comienza a inflarse. Mediante la realización de esta actividad se pretende que el alumnado vea con un ejemplo concreto que el aire ocupa un volumen mayor cuando aumenta su temperatura.

Esta actividad se puede relacionar con el hecho de que al dejar una pelota de playa a medio inflar al sol, esta aparezca más hinchada al cabo de un tiempo. También se puede explicar que hace unos años, cuando los neumáticos eran de peor calidad, era más normal que las ruedas sufrieran un reventón en verano que en invierno.



### 3. CÓMO SACAR UNA MONEDA DEL AGUA SIN MOJARTE

«¿Eres capaz de sacar una moneda de un plato lleno de agua sin mojar los dedos (ni las manos, ni cualquier otra parte de tu cuerpo)? Para conseguirlo, puedes ayudarte de una vela, un mechero (o cerillas) y un vaso». Se plantea el reto, a ver si hay alguien que lo consiga y que además dé una explicación correcta a lo que ocurre.

Solución: Se enciende la vela, se coloca en el plato e inmediatamente se tapa con el vaso (dejando la moneda fuera). La vela se apagará y el agua ascenderá a lo largo del vaso, dejando el plato completamente seco y pudiendo de este modo coger la moneda sin mojarnos (para que el plato se quede completamente seco no hay que echar demasiada agua).

Con esta actividad se pretende explicar el concepto de presión atmosférica y cómo la presión de los gases cambia en función de la temperatura pero, sobre todo, en función del estado de agregación en que se encuentren las sustancias.

### 4. HUEVO DENTRO DE LA BOTELLA

Este es un ejemplo más para explicar contenidos similares a los expuestos en la actividad anterior:

Se coloca un huevo cocido y pelado en la boca de una botella, matraz o similar. Se comprueba que el huevo no cabe por el cuello de la botella. Se quita el huevo de la boca de la botella y se introduce un trozo de papel ardiendo, o unas cerillas encendidas dentro de esta. Se coloca inmediatamente el huevo en la boca y, cuando el papel se apaga, el huevo es «empujado» hasta introducirse dentro de la botella.

### 5. JUGANDO CON EL VACÍO

De todas las actividades que se proponen, esta es la que necesita un material más específico y difícil de encontrar. Se trata de un recipiente para conservar la comida del que se puede extraer aire mediante una bomba de vacío, disminuyendo, de este modo, la presión del interior. En caso de no disponer de este tipo de recipientes, estos experimentos se pueden realizar también con una jeringuilla de plástico.

Con este recipiente se pueden realizar diversas actividades, entre las que se encuentran las siguientes:

#### GLOBO, GOMINOLA Y ESPUMA QUE CRECEN

Se introduce en el recipiente un globo inflado con muy poco aire, una gominola tipo «esponjita» o «nube» o espuma del pelo o de afeitarse. Todos estos elementos tienen en común un alto porcentaje de aire entre su composición. Una vez introducidos, se extrae el aire del recipiente. Se observará que el tamaño de los objetos empieza a aumentar.

Con esta actividad se pretende demostrar de un modo muy visual que entre el volumen y la presión en un gas existe una relación de dependencia.

#### AGUA QUE HIERVE A TEMPERATURA AMBIENTE

Se introduce un vaso de agua caliente (a unos 50 °C) en el recipiente, se cierra y se extrae el aire. A continuación, el agua comenzará a hervir.

Mediante la realización de esta actividad se puede explicar dónde hervirá el agua con más facilidad: en Alicante, en Madrid o en la cima del Himalaya. También se puede explicar el funcionamiento de la olla a presión.

## 6. LATAS QUE SE HUNDEN; LATAS QUE FLOTAN

«¿Por qué se hunden las cosas?», se lanza la pregunta. Seguramente la respuesta sea «porque pesan mucho». Se vuelve a lanzar otra pregunta, «Entonces, los barcos... ¿por qué no se hunden?».

Se introducen varias latas de distintos tipos de refresco cerradas en un recipiente con agua. Antes de introducirlas, preguntar al alumnado qué piensan que va a suceder, si la lata se va a hundir o si va a flotar. Introducir las latas y comprobar qué ocurre. Que sean los propios alumnos los que propongan hipótesis de por qué unas latas se hunden y otras flotan.

Mediante la realización de esta actividad se pueden introducir conceptos como el principio de Arquímedes o la densidad como propiedad para que un objeto se hunda o flote.

## 7. HUEVO QUE SE HUNDE; HUEVO QUE FLOTA

Se introduce un huevo cocido dentro de un recipiente con agua de grifo y se observa que el huevo se hunde. A continuación se añade sal al agua, agitando continuamente para favorecer su disolución. Se observa que el huevo comienza a ascender hasta llegar a la superficie y ya no se vuelve a hundir. El huevo está flotando.

Al igual que con la actividad anterior, con esta experiencia se puede explicar el principio de Arquímedes, pudiéndose observar aquí que el empuje que sufre un cuerpo (en este caso, el huevo cocido) depende, aparte de la aceleración de la gravedad y del volumen del cuerpo, de la densidad del fluido donde este se encuentra. También se puede explicar que la condición necesaria para que un cuerpo se hunda o flote en un determinado fluido depende tanto de la densidad del cuerpo como de la del fluido.

Se puede comparar este experimento con lo que ocurre cuando se flota en una piscina, en el mar o incluso en el mar Muerto.

## 8. RAISING THE RAISINS

Se introducen unas pasas en un vaso lleno de gaseosa. En un primer momento, las pasas se hunden, pero pasado un tiempo algunas empiezan a ascender, quedándose en la superficie del vaso, volviendo a descender pasado un rato.

Con esta actividad se puede introducir los principios del funcionamiento de un submarino o de la vejiga natatoria de los peces, por ejemplo.

## RESULTADOS

Si comparamos el comportamiento del alumnado durante una clase tradicional con el que presenta en una clase donde se realizan actividades creativas del tipo que se acaban de describir, se puede observar que existen grandes diferencias. En primer lugar, su papel cambia completamente. En una clase tradicional, donde el alumnado se limita a ser oyente, su rol es más pasivo. En las clases donde se realizan este tipo de actividades, dado al carácter activo y experimental de las mismas, el alumnado adquiere un papel más protagonista, pudiéndose realizar esta afirmación tras recoger las siguientes observaciones:

- Realización de preguntas de manera espontánea que van surgiendo con una frecuencia cada vez mayor.
- Las actividades que se hacen en el aula son repetidas por el alumnado fuera de esta (a sus familiares, amigos, vecinos...).

- Manifiesto continuo de querer realizar actividades del mismo estilo de las que se estaban llevando a cabo.
- Ganas de querer hacer esas actividades a otros profesores y compañeros y compañeras.

El que realicen preguntas espontáneas demuestra que tienen cierto grado de interés hacia lo que se está trabajando en clase. Este interés puede percibirse, también, en que el alumnado demande este tipo de actividades con bastante frecuencia, así como que las repita fuera del aula, algo que no ocurre con los ejercicios o problemas tradicionales.

## CONCLUSIONES

Mediante la realización de esta propuesta se pretende llevar a cabo un cambio actitudinal en la concepción sobre la ciencia, en general, y la física y la química, en particular, entre el alumnado de Secundaria. Para ello, como se ha ido explicando a lo largo de este artículo, se realizan en el aula una serie de actividades creativas relacionadas con los contenidos que se están trabajando. A la vista de las observaciones anteriormente expuestas, se puede afirmar que el cambio actitudinal que se pretende conseguir puede llevarse a cabo.

Aunque los contenidos conceptuales se tienen en cuenta, su correcta adquisición no es primordial a la hora de realizar este tipo de actividades. Somos conscientes de la importancia de estos contenidos, pero lo que se pretende con este trabajo es, más que el alumnado aprenda, que esté más motivado para aprender. Bien es cierto que se pueden relacionar los contenidos que se están viendo en clase con la explicación de estos experimentos, y que es el propio alumnado el que da una respuesta al porqué de sus observaciones guiado por la profesora, siendo protagonista de su propio aprendizaje.

De todos modos, se sigue manteniendo la visión de un resultado positivo en la realización de esta propuesta, ya que, tal y como apunta la siguiente frase, «es más difícil olvidar una actitud que olvidar un concepto».

Desde aquí, se hace una invitación a realizar estas actividades con alumnado de todas las edades, no solo con aquel de Secundaria, así como en todos los campos de la ciencia, no centrándose únicamente en la física, como ha ocurrido en este trabajo.

Por último, incidir en que la realización de este tipo de actividades puede cambiar completamente nuestra forma de dar clase. La preparación de estas actividades no requiere un tiempo extremadamente largo. Además, a medida que lo vamos haciendo, podemos ir creando un banco de recursos para trabajar determinados contenidos, con lo que ya no «perderemos tiempo» en buscar qué actividad hacer. Aparte, a la hora de hacer estas actividades en clase, no se invierte mucho tiempo, por lo que puede servirnos como una herramienta de motivación al principio de cada clase o como una «recompensa» para el alumnado si ha trabajado bien al final de estas.

## RECURSOS

A continuación se enumeran una serie de recursos donde pueden encontrarse multitud de actividades del tipo que se han estado tratando en este artículo. Esta lista es un mero ejemplo; se pueden encontrar multitud de recursos similares navegando por la Red.

- Libros:

*84 experimentos de química cotidiana en secundaria.*  
M.<sup>a</sup> Elvira González Aguado (coord.), 2013.  
Biblioteca de Alambique. Editorial Grao.

Libro donde se proponen 84 experimentos de química para realizar con alumnado de secundaria. Los experimentos están agrupados en seis categorías: química en el hogar; química y color; química y luz; química y calor; química y polímeros; química y salud.

*60 experimentos con materiales sencillos.*

Santiago Velasco; Alejandro del Mazo; María Jesús Santos, 2012.

Fundación 3CIN/Instituto ECYT.

Libro donde se ofrecen 60 experimentos para trabajar los contenidos curriculares de Física en 4.º de ESO. Los experimentos se agrupan en torno a siete bloques, entre los que se encuentran: movimiento; fuerzas y movimiento; trabajo, potencia y energía mecánica; sonido y luz, entre otras.

*Experimentos para entender el mundo.*

Javier Fernández Panadero, 2012.

Colección Voces/Ensayo. Editorial Páginas de Espuma.

Libro donde se explican sesenta experimentos de todos los niveles para ayudarnos a comprender el mundo en el que vivimos.

- Catálogos Ferias de la Ciencia:

«*Physics on Stage*» y «*Science on Stage*»

Catálogos gratuitamente descargables en formato pdf donde se recogen todos los experimentos, agrupados en distintas categorías, llevados a cabo en las distintas ediciones de esta feria de la ciencia. El contenido de estos documentos está en inglés.

*Catálogo Physics on Stage 2.*

[http://www.scienceonstage.ie/resources/POS2\\_booklet\\_Ireland.pdf](http://www.scienceonstage.ie/resources/POS2_booklet_Ireland.pdf)

*Catálogo Physics on Stage 3.*

[http://www.scienceonstage.ie/resources/POS3\\_booklet\\_Ireland.pdf](http://www.scienceonstage.ie/resources/POS3_booklet_Ireland.pdf)

*Catálogo Science on Stage 2 & 3.*

[http://www.scienceonstage.ie/resources/SOS1&2\\_booklet\\_Ireland.pdf](http://www.scienceonstage.ie/resources/SOS1&2_booklet_Ireland.pdf)

- Páginas Web

*Steve Splangler.*

<http://www.stevesplanglerscience.com/lab/experiments>

Página Web con multitud de experimentos e ideas para llevar a cabo en el aula. Bien es cierto que parte de la finalidad de esta página es vender los kits de materiales preparados para realizar los experimentos que se proponen, pero también es cierto que se pueden encontrar numerosas propuestas que se pueden llevar a cabo con material sencillo y accesible.

*IES Victoria Kent. El rincón de los experimentos.*

<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Practica/practica2.html>

Página creada por el personal docente y el alumnado del IES Victoria Kent de Torrejón de Ardoz (Madrid), en el que se recogen experimentos y actividades prácticas para realizar en el aula. Estas actividades se encuentran agrupadas en varias categorías: luz y sonido; calor y temperatura; magnetismo y electromagnetismo... entre otras.



# UN PASEO POR EL LADO MÁS NATURAL DE LAS TAC

Ruth Hernández Paredes

*hernandezruth@hotmail.com*

J. Lourdes Taracido

*I Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)  
Gran Vía Rey Juan Carlos I, 41. 26002 Logroño, (La Rioja)  
lourdes.jimenez@unir.net*

**Palabras claves:** Salidas de campo, Tecnologías del Aprendizaje y del Cocimiento (TAC), educación personalizada, constructivismo

**Keywords:** Field trips, Learning and Knowledge Technologies, Personalized Education, Constructionism.

## Resumen

Las salidas al campo son una actividad esencial en el aprendizaje de las ciencias, valoradas por profesores y por estudiantes; sin embargo, debido a numerosas causas, no siempre estas salidas consiguen cumplir con los objetivos de docentes ni con las expectativas de los alumnos. Los recursos didácticos innovadores pueden mejorar esta situación siempre que se integren de forma efectiva en la actividad escolar; lo que no es la práctica común. En esta investigación se aportan pautas metodológicas recomendaciones y recursos TAC, contextualizados en el valle de la Barranca (Madrid), para elaborar salidas al campo dentro del concepto de educación personalizada y bajo prisma constructivista.

## Abstract

Field trips are an essential activity for learning Sciences, they are accepted by teachers and students, however, due to different causes, not always these field trips get to reach the objectives for teachers and students.

Innovative teaching resources can improve this situation if they are effectively integrated in the school activities, which is not a common practice. In this research, methodological guidelines and recommendations are given to make field trips within the concept of personalized education. The activity is contextualized in The Barranca's Valley (Madrid) and is also based in Constructionism.

## INTRODUCCIÓN

Gran parte las investigaciones que se han publicado en la última década sobre la enseñanza de las ciencias apunta hacia la necesidad de cambios, entre ellos, cambios en el currículo (más acorde a los tiempos, flexible y cercano al alumno y menos dirigido a la formación de científicos y más a la formación de ciudadanos); cambios en la práctica educativa (aún la perspectiva de un aula participativa, donde el alumno trabaje en la construcción de su propio aprendizaje y el profesor abandone su papel de protagonista, está muy lejos de ser una realidad educativa); así como cambios en la actitud de un profesorado que inevitablemente tendrá que dar paso a las TAC pero utilizadas de forma eficiente e integrada en el proceso educativo y no acomodadas a la metodología usual que, según afirma COLL (2008),<sup>1</sup> es la práctica generalizada.

En este escenario, no es raro que resultados de PISA o las estadísticas sobre las matriculaciones en carreras científicas arrojen datos poco halagüeños (SOLBES, MONTSERRAT Y FURIÓ, 2007)<sup>2</sup>.

En este contexto, se podría pensar que el trabajo experimental (prácticas de laboratorio, salidas al campo, visitas, etc.) son una oportunidad didáctica única para mejorar la motivación del alumno hacia el aprendizaje de las ciencias (CRESPO Y HERNÁNDEZ, 2000; GUIASOLA Y MORENTIN, 2007)<sup>3</sup> al mismo tiempo que una iniciativa excelente para abordar los contenidos tanto teóricos como procedimentales y actitudinales desde una perspectiva constructivista e innovadora con el uso de las TAC.

No obstante, diversos autores (LÓPEZ, 2008)<sup>4</sup>, señalan que, aunque estas actividades están muy valoradas por los estudiantes y los docentes, en muchas ocasiones, las expectativas creadas ante una salida de campo no se cumplen, produciéndose el efecto contrario al deseado: aumentar el desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias.

## LAS SALIDAS DE CAMPO

El trabajo experimental es indispensable en la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza y es una actividad que sitúa a las ciencias al margen del resto de áreas educativas, produciéndose el aprendizaje de forma distinta al aprendizaje en el aula. Tanto en el laboratorio, como en el campo, se crea una atmósfera cooperativa donde la organización funcional es diferente, los alumnos manipulan, colaboran y preguntan, creando continuas posibilidades de relacionarse entre ellos y con el profesor (LÓPEZ, 2000)<sup>5</sup>. Además, descubren al alumno otra forma de observar y experimentar los contenidos teóricos impartidos en el aula, ya que son fuente de información directa (AMÓRTEGUI, 2010)<sup>6</sup>.

Sin embargo, este tipo de actividades no siempre cumplen con la finalidad didáctica ni el papel motivador que deberían tener a causa de:

<sup>1</sup> COLL, C. (2008). Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza* (72), 17-40.

<sup>2</sup> SOLBES, J., MONTSERRAT, R. Y FURIÓ, C. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales* (21), 91-117.

<sup>3</sup> CRESPO, M. Y HERNÁNDEZ, L. M. (2000). Los clubs de ciencia y tecnología como motivación para el trabajo en el área de ciencias: análisis de una experiencia. *Actas de los XIX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 29, Madrid

<sup>4</sup> LÓPEZ, J. A. (2008). Las salidas de campo: mucho más que una excursión. *Revista Educarm*, 100-103.

<sup>5</sup> LÓPEZ, J. A. (2000). Las salidas de campo: mucho más que una excursión. *Educación en el 2000*, 100-103.

<sup>6</sup> AMÓRTEGUI, E., CORREA, M., VALBUENA, E. (2010). Aporte de las prácticas de campo a la construcción del conocimiento profesional de futuros profesores de biología. *II Congreso Internacional de Didáctiques*.

- La dificultad que encuentra el alumno en el significado real de las prácticas tanto de laboratorio como de campo (AMÓRTEGUI, 2010).
- Las salidas al campo suelen plantearse partiendo de conocimientos previos que supuestamente tendría que tener el alumno (GABRIEL ET AL., 1997)<sup>7</sup>.
- Las actividades complementarias no son siempre las deseadas, debido al tiempo que se necesita para prepararlas y realizarlas, así como su inclusión dentro del currículo del curso (MORCILLO, 1998)<sup>8</sup>.
- Baja integración con los currículos impartidos, carencia de fundamentación didáctica, así como escasa correspondencia con los contenidos desarrollados en el aula (LÓPEZ, 2008).
- Que el profesorado no siempre tiene la formación necesaria ni el tiempo para preparar este tipo de actividades donde se mezclen los ámbitos del laboratorio, tecnología de la información y campo (LÓPEZ, 2000).

La realidad es que cada vez se realizan menos salidas de campo (LÓPEZ, 2000), siendo varias las causas que han contribuido a esta situación, entre ellas las más importantes:

- El miedo del profesorado a las responsabilidades que se asumen.
- El bajo grado de satisfacción de los profesores al finalizar estas actividades.
- La falta de formación del docente en actividades relacionadas con el campo.
- La falta de buena planificación y metodología por parte de los docentes

Para conseguir alcanzar las metas propuestas a la hora de llevar a cabo una salida de campo, estas deben estar bien planificadas respecto del temario, además deben dar respuestas a las preguntas de la teoría, debiendo encontrar el alumno el significado real de las prácticas.

Los aspectos fundamentales que se deben tener en cuenta son (GABRIEL ET AL., 1997):

- El campo es insustituible para transmitir a los alumnos una idea real de lo que es la naturaleza y el proceso de aprendizaje en que se basa es la participación.
- El desarrollo satisfactorio de la salida de campo tiene mucho que ver con los conocimientos previos del alumno.
- La preparación previa de la salida de campo es imprescindible para su correcto desarrollo, esto incluye, la presentación de la misma al alumno, el conocimiento del docente de la zona y la calidad y claridad de la información presentada.
- Los guiones de prácticas y la presentación de la salida, junto con sus objetivos, deben estar claramente explicados antes de su realización en clase y antes de empezar la salida de campo.

El papel del alumno es fundamental para lograr aprendizajes significativos. Investigaciones realizadas por GABRIEL ET AL., (1997) han concluido que los diferentes diseños de salidas de campo pueden agruparse en tres tipos en función de las relaciones que se establecen entre alumno-profesor (Tabla 1).

<sup>7</sup> GABRIEL, J., HERRERO, C., CENTENO, J., ANGUITA, F., MUÑOZ, F., ORTEGA, O., SÁNCHEZ, J. (1997). *El Seminario sobre Metodologías en las Prácticas de Campo: Rascafría 96. Resultado y valoración. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, (5.1) 69-76.

<sup>8</sup> MORCILLO, J.G., MAXIMILIANO, R., CENTENO, J., COMPIANI, M. (1998). Caracterización de las prácticas de campo: Justificación y primeros resultados de una encuesta al profesorado. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra* (6.3), 242-250.



Tabla 1. Tipos de salida de campo en función de la relación profesor-alumno.

Tipos de salida de campo	Relación profesor-alumno	
Dirigida Clásica Tradicional Transmisiva	Los alumnos redescubren los conceptos y hechos que el profesor pretendía desde el principio. El grado de participación del alumno se limita a observar, escuchar y anotar.	
Semidirigida	Con guion	El profesor define las reglas y sintetiza los contenidos. El alumno investiga.
	Sin guion	Los alumnos son los protagonistas, orientados por el profesor.
No dirigida Alternativa Autodirigida Autónoma Independiente	El profesor sugiere y el alumno investiga. Los alumnos asumen la planificación y el desarrollo de toda la actividad.	

Fuente: GABRIEL, J., HERRERO, C., CENTENO, J., ANGUITA, F., MUÑOZ, F., ORTEGA, O., SÁNCHEZ, J. (1997). El Seminario sobre Metodologías en las Prácticas de Campo: Rascafría 96. Resultado y valoración. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, (5.1), pp. 69-76.

Desde un enfoque constructivista y personalizado, las salidas semidirigidas y no dirigidas cobran especial relevancia en aras de fomentar capacidades como la autonomía, la creatividad, la libertad o la competencia aprender a aprender.

Para mejorar las salidas de campo los recursos innovadores cobran especial interés siempre que se integren en la actividad didáctica de forma efectiva.

## LAS TAC AL SERVICIO DE LA EDUCACIÓN

Las TAC, acrónimo de Tecnologías del Aprendizaje y del Conocimiento, incluyen las TIC más la formación pedagógica necesaria para saber emplearlas y aprovecharlas. Según Lozano (2011),<sup>9</sup> se trata de utilizar las herramientas tecnológicas al servicio del aprendizaje y de la adquisición de conocimiento.

A pesar del indudable potencial de estas herramientas en las aulas, la realidad en el contexto educativo (ADELL, 2010<sup>10</sup>; ÁREA, 2005<sup>11</sup>) es que:

- Los resultados no se ajustan a las expectativas.
- No existe relación entre uso de TAC y mejora de la percepción hacia las ciencias.
- A pesar del potencial didáctico, el uso entre alumnos y docentes es bajo.

<sup>9</sup> LOZANO, R. (2011). Las TIC/TAC: de las tecnologías de la información y comunicación a las tecnologías del aprendizaje y del conocimiento. *Anuario ThinkEPI*, 5, 45-47.

<sup>10</sup> ADELL, J. (2010). Educació 2.0. En BARBA, C. Y CAPELLA, S. (eds.). *Ordenadors a les aules. La clau és la metodologia* (pp.19-32). Barcelona, Graó.

<sup>11</sup> ÁREA, M. (2005). Las tecnologías de la información y comunicación en el sistema escolar. Una revisión de las líneas de investigación. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 11, (1).

- No se ha conseguido una relación directa entre aplicación de las TAC y mejora del proceso E-A.

Entre los obstáculos que impiden la integración de estas herramientas al proceso de enseñanza-aprendizaje, se encuentran:

- Dificultades para modificar el currículo.
- Organización de las escuelas.
- Metodología inadecuada utilizada por el docente.
- Falta de formación, de esfuerzo y de tiempo del docente para programar estas prácticas.

Considerando estas premisas, gran parte de responsabilidad recae en el docente, que en muchas ocasiones se halla desbordado ante nuevos planes de estudio, nuevas materias, alumnos diversos, etc. (POZO Y GÓMEZ, 2009), lo que puede conducir a la utilización de las TAC acomodadas a la metodología usual del aula en vez de integradas al proceso de enseñanza-aprendizaje (COLL, 2008). Esto es, utilizar la tecnología al servicio de la práctica educativa (por ejemplo, de corte tradicional), en vez de poner en práctica nuevos métodos que fomenten la interacción social y cooperativa, así como la creatividad, la singularidad, la comunicación y/o la autonomía del alumnado.

En ese sentido, se aporta una propuesta didáctica integrada –conceptualizada en la Educación Personalizada– que finaliza en una salida al campo y en la que subyace un claro propósito de fomentar actitudes positivas hacia la ciencia.

## PROPUESTA DIDÁCTICA

Una vez expuesto el estado de la cuestión en relación con las salidas de campo y el uso de las TIC/TAC en el contexto educativo, se aporta una serie de pautas metodológicas para llevar a cabo una propuesta didáctica integrada:

- Flexibilizar el currículo integrando contenidos curriculares pertenecientes a diferentes bloques de contenidos (por ejemplo, de geología y medio ambiente) y transmitir la idea de una ciencia global en vez de parcelada.
- Emplear un enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) al incidir en la utilidad de cada recurso, de cada actividad y de cada elemento que se descubre en la salida al campo, como un enfoque de la personalización del aprendizaje.
- Favorecer la motivación al trabajar de forma cooperativa hacia una meta final: la salida al campo.
- Utilizar diferentes espacios: aula, laboratorio, sala TIC y, finalmente, campo.
- Fomentar la autonomía, la participación activa y la creatividad mediante el uso de recursos TAC tales como WQ, Iberpix, wikiloc, youtube, además de otras actividades.

Como ejemplo de implementación, se muestra de forma sucinta el diseño de una salida al campo de tipo semidirigida en el entorno de Navacerrada (Madrid). La descripción completa (HERNÁNDEZ, 2014)<sup>12</sup> incluye una guía para el profesor y otra para el alumno, para evitar que la falta de formación del profesorado y/o el tiempo para planificar sea el factor limitante a la hora de llevar a cabo la propuesta.

<sup>12</sup> HERNÁNDEZ, R. (2014). *Preparación y realización de una salida de campo para alumnos de secundaria/Bachillerato en el Valle de la Barranta, Navacerrada* (Madrid). Ed. Bubok.

### DISEÑO Y PREPARACIÓN DE UNA SALIDA DE CAMPO

- Lo primero que haremos será buscar un entorno cercano al centro escolar y al alumno.
- Familiarizamos al alumno con el nuevo entorno y objetivos de la salida de campo a través de recursos TAC.
- El alumno se convierte en el protagonista del aprendizaje, irá trabajando poco a poco el temario según se va desarrollando con relación a la salida de campo.
- Se diseñan dos manuales para la salida de campo: uno para el docente, mucho más completo, y otro para el alumno.

### CARACTERÍSTICAS GUÍA DEL DOCENTE Y GUÍA DEL ALUMNO

Ambas guías presentan igual formato con la finalidad de conseguir la complementariedad en el transcurso de las diferentes etapas:

1. Introducción: uso recomendado de la guía y orientaciones metodológicas.
2. Descripción del entorno: localización geográfica y mapas topográficos.
3. Características del enclave: historia geológica del ecosistema, hidrografía, flora y fauna.
4. Itinerario. Recorrido propuesto, actividades recomendadas y puntos de interés.

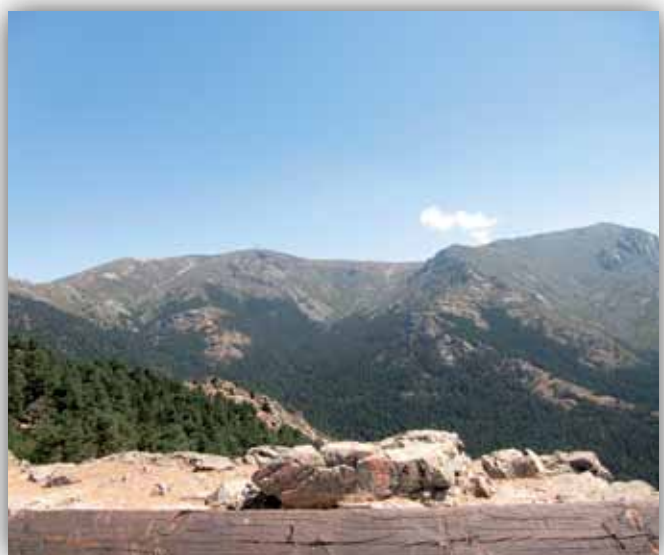
La guía del docente contiene información más extensa, completa y avanzada. Contiene iconos específicos para indicar lugares de parada y realización de actividades por parte del alumno y puntos de interés para realizar explicaciones por parte del docente.

La guía del alumno no es un guion de prácticas cerrado. Prioriza los contenidos del currículo y la relación de estos con usos y aplicaciones para la vida real. Se complementa con el temario de otras asignaturas cuando sea posible, haciendo referencia a la historia/cultura de la zona.

### SALIDA DE CAMPO EN EL VALLE DE LA BARRANCA, NAVACERRADA (MADRID)

En este caso concreto la salida de campo está enfocada a alumnos de 3.º de ESO y se plantean las siguientes paradas:

1. Observación e interpretación del paisaje en los miradores del antiguo sanatorio de Guadarrama y mirador de las Canchas (*Figura 1*). Ambos miradores tienen paneles explicativos tanto del paisaje como de la flora del entorno.
2. Identificación de rocas y minerales a lo largo de todo el recorrido (*Figura 2*). En la ruta abundan los granitos y gneises.
3. Interpretación de la formación de suelo a partir de la roca madre.
4. Interpretación de fenómenos periglaciares, como son la formación de pedreras (*Figura 3*).



*Figura 1.* Interpretación del paisaje. Mirador de las Canchas.

5. Identificación de la flora más común del entorno, como son, en este caso concreto, el pino silvestre, piorno serrano y helecho común.



Figura 2. Identificación de rocas y minerales.



Figura 3. Pedrera.

#### CÓMO CREAR LA RUTA DESDE GOOGLE MAPS, GOOGLE EARTH, IBERPIX Y WIKILOC

Desde todos los portales, la creación de la ruta es muy intuitiva y fácil de crear, existiendo iconos para todas las opciones que aquí se describen.

- Google Maps

Google Maps permite crear una ruta, añadir puntos de interés, añadir fotografías a través de Panoramio (necesario tener cuenta en gmail y registrarse en el portal), así como añadir vídeos a través de Youtube. Además de las fotografías o vídeos que queramos poner en la ruta, existe una gran base de datos de fotografías y vídeos del resto de usuario que pueden completar los datos de nuestra ruta.

- Google Earth

Para crear una ruta en Google Earth accedemos a la opción «añade una ruta» en la barra superior de herramientas. Cuando se selecciona esta herramienta, se abre un cuadro de diálogo en el que aparecen las características de la ruta, podemos modificar el grosor, color, unidades de medición, etc., así como añadir puntos de interés.

La ruta se crea haciendo «click» con el ratón; una vez terminada se da a «aceptar» en el cuadro de diálogo. Si la ruta se quiere modificar, basta con entrar de nuevo en el cuadro de diálogo y realizar las modificaciones oportunas.

- IBERPIX

Para crear la ruta con IBERPIX se debe acceder al botón de función de GPS, abriéndose el cuadro de herramientas. Dentro de esta opción hay un botón de ayuda donde se puede descargar en .pdf toda la información relativa a cómo hacer una ruta. La ruta se termina haciendo doble «click» con el ratón.

- Wikiloc

Antes de poder crear la ruta en este portal, es necesario hacer el registro gratuito en el portal. La creación de la ruta es la más intuitiva, ya que cada pantalla te va guiando en el proceso, desde la

elección del punto de inicio, punto final, añadir fotografías, añadir puntos de interés, indicar nivel de dificultad, etc.

#### ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS PARA ENRIQUECER NUESTRA SALIDA DE CAMPO

Podemos crear nosotros mismos o con ayuda de los alumnos vídeos desde el programa Windows Live Movie Player:

Podemos crear tutoriales para nuestros alumnos, con indicaciones sobre cómo utilizar los programas explicados anteriormente mediante varios programas gratuitos que nos permiten grabar la pantalla de nuestro ordenador con nuestras explicaciones. Un programa muy completo es ATubeCatcher, para lo que necesitamos conexión a Internet y micrófono para poder grabar nuestras explicaciones.

Creación de una WebQuest, donde se programen actividades de acuerdo al temario del curso y enfocadas a la salida de campo, de manera que los alumnos trabajen de forma paralela los contenidos que se imparten en clase por parte del docente.

#### CONCLUSIONES

- Las salidas de campo son indispensables para enseñar Ciencias de la Naturaleza.
- Favorecen la motivación del alumnado, despiertan su interés hacia la ciencia y contribuyen a la adquisición de aprendizajes necesarios para el alumno.
- Deben estar diseñadas para involucrar al alumno en su propio aprendizaje con actividades motivadoras para él.
- El trabajo que requiere preparar una salida al campo y relacionada con el temario del curso es significativa (tiempo y experiencia).
- Existen recursos didácticos TAC muy útiles para utilizar en el diseño de salidas al campo.
- La información y conocimientos del docente es primordial a la hora de planificar la salida de campo bajo un enfoque constructivista.

Esta actividad ha sido parcialmente financiada por UNIR Research (<http://research.unir.net>), Universidad Internacional de la Rioja (UNIR, <http://www.unir.net>), dentro del Plan Propio de Investigación, Desarrollo e Innovación [2013- 2015].

# CIENCIA CIUDADANA EN LA EDUCACIÓN: CREANDO NUEVOS CIENTÍFICOS

Eduardo Lostal Lanza

*Fundación Ibercivis*

*c/ Mariano Esquillor, Edificio I+D (Oficina 2.2.07). 50018 Zaragoza*

*eduardol@bifi.es*

**Palabras clave:** Ciencia Ciudadana, inteligencia colectiva, biotecnología, investigación, ciencia

**Keywords:** Citizen Science, Collective Intelligence, Biotechnology, Research, Science.

## Resumen

Se define como Ciencia Ciudadana la involucración del público general en actividades de investigación en las que contribuyen de forma activa mediante su esfuerzo intelectual, herramientas o recursos. En la educación, dicha interacción puede ser muy fructífera. Los estudiantes colaboran en el proceso científico haciendo avanzar la investigación mientras que adquieren nuevos conocimientos poniendo en práctica los ya aprendidos.

Presentamos una experiencia de inmersión de la Ciencia Ciudadana en el ámbito educativo. Profesores y estudiantes tienen la oportunidad de participar directamente en un proyecto de investigación en biotecnología. Pretende ser un caso de éxito que demuestre los beneficios de la integración de este tipo de inteligencia colectiva en el campo de la educación.

## Abstract

Citizen Science is defined as the involvement of the general public in research activities to which they contribute in an active way through their intellectual effort, tools or resources. In the education field, such interaction may be particularly fruitful. Students collaborate in the scientific process making the research advance while they get new background and put into practice what they learnt.

We present an experience for the immersion of the Citizen Science in the education field. Teachers and students have the chance to get involved in a research project about biotechnology. It intends to be a success case to show the benefits of this type of collective intelligence integration in the schools.

## INTRODUCCIÓN

Presentamos una experiencia de inmersión de la Ciencia Ciudadana en el ámbito educativo. El proyecto se está llevando a cabo en Institutos de Secundaria con profesores y estudiantes que tienen la oportunidad de participar directamente en un proyecto de investigación en biotecnología. Pretende ser un caso de éxito que demuestre los beneficios de la integración de este tipo de inteligencia colectiva en el campo de la educación.

Dado el rápido avance de los recursos computacionales, algunos científicos se enfrentan a un cuello de botella bastante significativo, que es el análisis de una gran cantidad de datos. En el caso del proyecto que se presenta, el científico detrás de la investigación debe analizar las imágenes obtenidas de forma automática por un microscopio. Los algoritmos de visión por computador no son lo suficientemente fiables por el momento como para automatizar la tarea. Por tanto, recae en el investigador la responsabilidad de analizar dichas imágenes cuya obtención puede llegar a ser del orden de varios miles por día. La Ciencia Ciudadana surge como una alternativa para dar solución a la inviabilidad de dicho análisis.

Se define como Ciencia Ciudadana la involucración del público general en actividades de investigación en las que los ciudadanos contribuyen de forma activa mediante su esfuerzo intelectual, herramientas o recursos. En el campo de la educación, dicha contribución puede ser muy fructífera para ambas partes. Los estudiantes colaboran de forma activa en el proceso científico haciendo avanzar la investigación. Al mismo tiempo, adquieren nuevos conocimientos mientras ponen en práctica los ya aprendidos.

En la ponencia se presentará la experiencia obtenida durante el primer año del proyecto en Institutos de Secundaria de Aragón y Portugal. Se tratará el proyecto en detalle, así como las oportunidades y beneficios que posibilita el uso de la Ciencia Ciudadana en las aulas.

## CIENCIA CIUDADANA

La Ciencia Ciudadana es una investigación llevada a cabo por miembros del público general, ciudadanos que no son científicos necesariamente, quienes trabajan con estos últimos desarrollando un proyecto científico. Existen múltiples formas de Ciencia Ciudadana dependiendo de la forma de implicación del ciudadano en la investigación. Así pues, se pueden distinguir proyectos de computación voluntaria donde el ciudadano cede sus recursos computacionales para la ejecución de algoritmos que realicen, por ejemplo, cálculos<sup>1</sup> o análisis de datos sin que se requiera la intervención directa del ciudadano; proyectos donde los voluntarios actúan como sensores proporcionando muestras al investigador en forma de fotografías, vídeos o datos como sus síntomas gripales para predicción epidemiológica<sup>2</sup> o la cantidad de cloro en el agua de consumo; o proyectos en los que los ciudadanos colaboran de forma más activa en tareas más complejas de la investigación, como el análisis de datos que no se pueden hacer de forma automática. Los principales objetivos de la Ciencia Ciudadana son incrementar el interés en la ciencia y hacer a la gente partícipe de ella.

La Ciencia Ciudadana, si bien no acuñada bajo ese nombre, no es una técnica nueva. Durante el último siglo, los científicos han contado con los ciudadanos para lograr resultados que de otra forma no podrían alcanzarse. Tal es el caso de la Audubon Society's Christmas Bird Count o la American Association of Variable Star Observers. La tarea de los voluntarios en estos proyectos era la recolección de datos que se usarían como muestras. Fue la evolución de los recursos computacionales y la aparición de Internet lo que dio lugar a que los voluntarios pudieran involucrarse de nuevas formas.

---

<sup>1</sup> <http://primegrid.com/>

<sup>2</sup> <https://www.gripenet.es/>

Gracias a este avance de las tecnologías aparece BOINC<sup>3</sup>, una infraestructura para dar soporte a la computación voluntaria. Conforme dichas tecnologías continuaron su avance, posibilitaron la extensión de nuevas formas de Ciencia Ciudadana aprovechando principalmente los recursos que la Red, Internet, empezaba a ofrecer. Así surgieron otros proyectos como los de Cornell<sup>4</sup>, Galaxy Zoo o FoldIt. Al mismo tiempo que la Ciencia Ciudadana abría nuevas puertas a la investigación, se comenzó a investigar sobre este nuevo paradigma en sí. Por ejemplo, investigadores de Galaxy Zoo exploraron la motivación de los voluntarios para involucrarse en proyectos de Ciencia Ciudadana, llegando a la conclusión de que un porcentaje significativo lo hace simplemente por contribuir a la ciencia.<sup>5</sup> El impacto de estos proyectos (BOINC cuenta con más de dos millones y medio de voluntarios, Galaxy Zoo con más de 850 000) da cuenta de las posibilidades que ofrece este paradigma de investigación.

## CIENCIA CIUDADANA EN LA EDUCACIÓN

El beneficio para los investigadores de esta forma de hacer ciencia es claro: consiguen llevar a cabo proyectos e investigaciones que no podrían hacerse de otra manera. Los voluntarios por su parte también obtienen beneficio de su colaboración. Dependiendo del tema del proyecto, los voluntarios pueden aprender o mejorar su conocimiento y *background* en la materia de la investigación.<sup>6</sup> En muchos casos, para poder colaborar es necesario tener nociones básicas sobre lo que se va a trabajar; por lo que los proyectos proporcionan dicho conocimiento a los voluntarios como formación para que puedan contribuir.

En lo que respecta a la educación, las ventajas son mucho mayores. Una de las más importantes es la motivación. Un considerable número de estudiantes muestra falta de motivación para la ciencia. Algunos motivos son la carga teórica y el gap entre esta y la práctica a la hora de enseñar estas materias. Docentes reconocen la influencia positiva que supone la participación en procesos científicos para la educación de sus alumnos.<sup>7</sup> La inclusión de la Ciencia Ciudadana puede jugar un papel significativo en estos aspectos. Los estudiantes se sienten más motivados por el hecho de participar en un proyecto real de investigación. Son conscientes de estar realizando las mismas tareas que el investigador; por lo que sienten que juegan un papel clave en el proyecto y que su contribución es significativa. Teniendo en cuenta que gran parte de estas tareas implican el uso de nuevas tecnologías con las que están muy familiarizados, los estudiantes se sienten más cómodos y se acercan a una enseñanza más práctica. La motivación es clave para su participación en el proyecto y se refleja en una mayor predisposición a trabajar en él y, por tanto, en su aprendizaje.

Por otra parte, muchos de los proyectos implican el acceso a facilidades de primer nivel, como equipos científicos, que de otra forma no sería posible. Con ello, los estudiantes comienzan a crear un CV científico. Todos estos aspectos potencian el interés de los estudiantes por carreras científicas.

Por último, algunas otras ventajas que se han observado son el crecimiento de habilidades personales, ya que se potencian gracias a este tipo de trabajos, la confianza en uno mismo o la creatividad.

<sup>3</sup> ANDERSON, D. (2004). Boinc: A system for public-resource computing and storage. *5th IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing*, 4-10.

<sup>4</sup> BONNEY, R. (2008). Citizen science at the Cornell lab of ornithology. *Exemplary science in informal education settings*, 213-229.

<sup>5</sup> RADDICK, M. JORDAN ET AL. (2010). Galaxy Zoo: Exploring the Motivations of Citizen Science Volunteers. *Astronomy Education Review* 9(1). American Astronomical Society.

<sup>6</sup> BROSSARD, D., LEWENSTEIN, B., BONNEY, R., (2005). Scientific knowledge and attitude change. The impact of a citizen science project. *International Journal of Science Education* 27(9), 1099-1121.

<sup>7</sup> MICHAELS, S., SHOUSE, A. W., SCHWEINGRUBER, H. A. (2008). *Ready, set, science: Putting Research to Work in K-8 Science Classrooms*. National Academies Press.

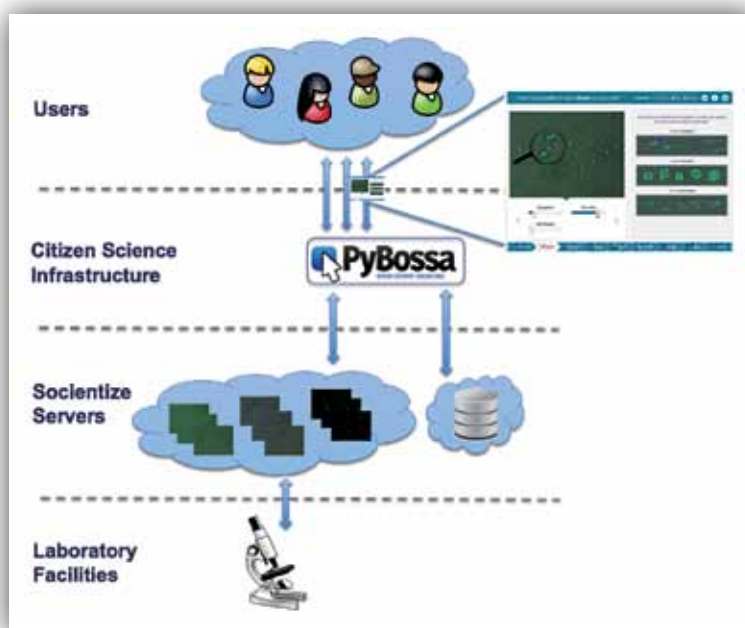


## CASO DE ÉXITO: CELLSPOTTING

En el resto del documento se presenta la experiencia llevada a cabo en Institutos de Secundaria de España y Portugal, donde alumnos y profesores han colaborado en un proyecto de Ciencia Ciudadana en el área de biotecnología: CellSpotting<sup>8</sup>.

La base científica sobre la que se asienta el proyecto es la investigación con células madre en búsqueda de compuestos que induzcan la muerte celular por apoptosis.<sup>9,10</sup> Dicha muerte celular se produce de forma programada sin dañar el tejido circundante de la célula tumoral, por lo que se podrían conseguir tratamientos más efectivos y menos dañinos para enfermedades como el cáncer. Los experimentos de campo con estos compuestos sobre cultivos celulares se realizan a través de un microscopio de fluorescencia invertida que puede llegar a tomar más de 14 000 imágenes por experimento de 24 horas de duración. Dado que los algoritmos de visión por computador disponibles para realizar el análisis de estas imágenes de forma automática no alcanzan la precisión requerida para este tipo de experimentos, recae en el investigador la tarea de analizar de forma manual dichas imágenes. Esto supone un gran esfuerzo que requiere un coste muy elevado de recursos tanto en términos económicos como temporales.

Como solución a este cuello de botella para la investigación, se crea una aplicación que pone a disposición de cualquier persona con acceso a Internet las imágenes obtenidas por el investigador. El escenario de la aplicación se puede observar en la *Ilustración 1*. El investigador obtiene las imágenes del microscopio y las deja en los servidores dedicados para ello, donde también se encuentra la base de datos de usuarios y tareas. Tanto dichas imágenes como la base de datos son accedidas por una aplicación Web disponible públicamente a través de Internet alojada en una infraestructura de Ciencia Ciudadana llamada PyBossa. En definitiva, las imágenes quedan accesibles al público en general a través de Internet.



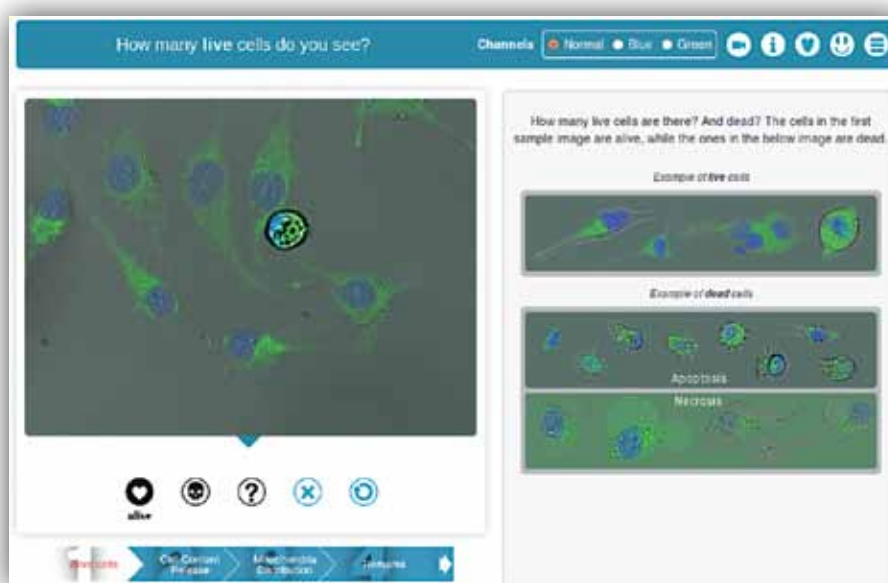
*Ilustración 1.* Escenario de la aplicación.

<sup>8</sup> <http://cellspotting.societize.eu/>

<sup>9</sup> OSPINA, A., LAGUNAS-MARTÍNEZ, A., PARDO, J., CARRODEGUAS, J. A. (2011). Protein oligomerization mediated by the transmembrane carboxyl terminal domain of Bcl-XL. *FEBS Letters* 585(19), 2935-2942.

<sup>10</sup> CONESA, C., DOSS, M. X., ANTZELEVITCH, C., SACHINIDIS, A., SANCHO, J., CARRODEGUAS, J. A. (2012). Identification of Specific Pluripotent Stem Cell Death-Inducing Small Molecules by Chemical Screening. *Stem Cell Reviews and Reports* 8(1), 116-127.

En la *Ilustración 2* se puede ver el diseño final de la aplicación. En la parte de la izquierda aparece la imagen a analizar. Dicho análisis se realiza de forma sencilla e intuitiva a través del marcado de las células sobre la propia imagen mediante los botones situados en su parte inferior. Dichos botones, así como la tarea a realizar, cambia en cada uno de los cuatro pasos de los que consta el análisis de una imagen. Estos pasos se pueden observar en la parte inferior izquierda. En la parte de la derecha aparecen imágenes de muestra para ayudar al voluntario con el análisis a realizar. Asimismo, la barra superior contiene elementos de ayuda al usuario. Desde el vídeo del que se ha extraído la imagen que se está analizando para poder visualizar su contexto, información y lecciones sobre el paso que se está analizando o diferentes canales para visualizar la imagen de distinta forma según si se desea analizar alguna parte de las células por separado, como, por ejemplo, las mitocondrias. El nivel de replicación de las tareas es quince. Esto significa que al menos quince personas deben haber analizado la imagen antes de devolverle los datos de dicho análisis al investigador en forma de media y desviación típica de los resultados obtenidos.



*Ilustración 2.* Screenshot de la aplicación.

Dada su orientación como recurso educativo, se prepararon también diversos materiales didácticos para su uso en educación. Además de un tutorial la primera vez que se usa la aplicación y la posibilidad de mostrar información sobre biotecnología relacionada con el paso del análisis en el que se encuentra el usuario, se prepararon también tanto una unidad didáctica como un vídeo tutorial para poner en contexto el experimento y la investigación y dar unas nociones sobre biotecnología. Ambos recursos aparecen en la *Ilustración 3*.

Con objeto de evaluar la efectividad de la aplicación, se prepararon varios cuestionarios. Los alumnos debían rellenar un cuestionario inicial con preguntas sobre biotecnología, el mismo que debía ser cumplimentado al final del uso de la aplicación en el aula. Asimismo debían evaluar la aplicación y el uso como recurso para la investigación. Los profesores disponían de un cuestionario extra para valorar la actividad.

El proyecto se inició en 2013 como prueba piloto en un acuerdo entre el Instituto de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos de la Universidad de Zaragoza, la Fundación Ibercivis, Ciencia Viva y el Departamento de Educación del Gobierno de Aragón con 18 institutos de esta región. El segundo año se contó con 36 institutos en Aragón, 12 en Portugal y una universidad en Japón. Por ello, tanto la aplicación como los recursos están disponibles en distintos idiomas.



Ilustración 3. Unidad didáctica y vídeo tutorial.

Como medida del éxito de la aplicación, se han completado el análisis de alrededor de 60 000 imágenes distribuidas en el tiempo como se puede ver en la *Ilustración 4*. Los alumnos se han mostrado motivados realizando en la mayoría de los casos un número considerablemente más alto de análisis de los que se les pedía en el aula, trabajando la mayor parte del tiempo desde sus casas.

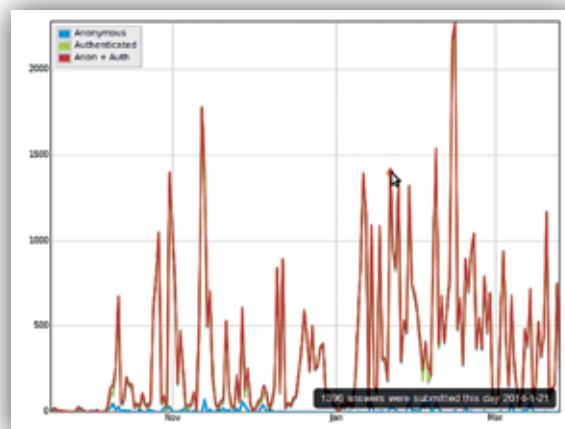


Ilustración 4. Distribución en el tiempo de los análisis realizados.

## CONCLUSIONES

La Ciencia Ciudadana se plantea como una nueva forma de llevar a cabo proyectos de investigación que necesitan una gran cantidad de recursos y como una posible solución al cuello de botella que sufren algunos investigadores. Las ventajas no solo son para estos últimos, que pueden sacar adelante dichos proyectos, sino que plantean muchas otras para los voluntarios que participan, especialmente en el ámbito de la educación. Los profesores disponen de nuevos recursos en el aula donde los estudiantes pueden ver de forma práctica lo estudiado en la teoría. Además de usar tecnologías con las que están muy familiarizados, los estudiantes se sienten muy motivados por el hecho de participar en un proyecto real donde son conscientes de que están realizando un papel clave. Junto con conocimientos específicos del tema que trabajan, desarrollan habilidades personales y sociales. Por último, conocen de cerca el proceso científico y desarrollan mayor interés por la ciencia y carreras científicas.

# ORGANIZACIÓN DEL DÍA DE LA CIENCIA COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA ALUMNOS DE LOS GRADOS DE MAESTRO EN EL CES DON BOSCO

Beatriz Martín Castro, M.<sup>a</sup> Teresa Solís González,  
Irene Suárez Lacalle y Óscar Vázquez Mínguez

*Centro de Enseñanza Superior en Humanidades y Ciencias de la Educación Don Bosco.  
c/ María Auxiliadora 9. 28040 Madrid  
bmartin@cesdonbosco.com*

**Palabras clave:** Didáctica de las ciencias, Día de la Ciencia.

**Keywords:** Science Day, Science teaching.

## Resumen

Con los objetivos de promocionar la ciencia entre los alumnos del centro y de sacar las cuestiones científicas de las clases al espacio común del centro, se organizó y celebró el Día de la Ciencia en el CES Don Bosco.

Desde el Área de Matemáticas y Ciencias Experimentales se propusieron una serie de actividades desarrolladas tanto en el tiempo de descanso de alumnos y profesores, como en horas lectivas de las asignaturas del área.

La valoración por parte del departamento ha sido muy positiva y la participación, aunque irregular entre las distintas actividades propuestas, ha sido alta.

## Abstract

With the aim of promoting Science among the students as well as taking scientific issues out of the class into the corridors, 1st CES Don Bosco Science Day was organized and celebrated.

From the Maths and Experimental Sciences Area, a series of activities were suggested and developed in the break-times of teachers and students, as well as in one teaching hour from any of the department's teacher.

The evaluation of the organizing team is highly positive, and the participation, although unevenly distributed among the different activities, was high.

The participation, although unevenly distributed among the different activities, was high and the evaluation of the organizing team is very positive.

## INTRODUCCIÓN

Empecemos por una obviedad: la ciencia tiene una destacable presencia e importancia en nuestra vida cotidiana. Por tanto, la ciencia ha dejado de ser un asunto que compete exclusivamente a los especialistas para convertirse en patrimonio y responsabilidad de todos.

Los resultados de la segunda Encuesta Nacional sobre Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT, 2005), concluyen que:

- El 10% de los españoles califica el nivel de conocimientos científicos adquiridos en los centros de enseñanza de alto o muy alto.
- El 65% declara haber recibido una educación científica que califica de baja o muy baja.

De manera que el desarrollo de la cultura científica que necesitamos requiere de cambios profundos en la enseñanza de las ciencias, desde la educación infantil hasta la formación del profesorado, y en muy diversos ámbitos, como intentan inferir los informes PISA. Desde nuestra escuela de Magisterio no podemos permanecer ajenos a esta realidad.

El objetivo pedagógico que propone la enseñanza de las ciencias no es la acumulación de conocimientos memorísticos por parte del alumno, sino el desarrollo de sus capacidades intelectuales, la adecuada manipulación de instrumentos para el aprendizaje experimental y la adquisición de unas determinadas actitudes frente al mundo que nos rodea.

Los objetivos planteados para el I Día de la Ciencia en el CES Don Bosco fueron los siguientes:

- Promocionar la ciencia entre los alumnos del CES Don Bosco.
- Llevar las cuestiones científicas de las aulas al espacio común del centro.
- Valorar las ciencias como un hecho cultural.
- Ofrecer recursos didácticos para la enseñanza de las ciencias: proyectos de investigación, *gloster*, experimentos caseros...
- Plantear y resolver problemas relacionados con estas disciplinas en la vida cotidiana.

## ACTIVIDADES PROPUESTAS-DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Para cumplir los objetivos anteriormente planteados, se propusieron una serie de actividades:

- a) Exposiciones de trabajos realizados por los alumnos del centro.
- b) Concurso de fotografía científica.
- c) Conferencia científica de carácter divulgativo.
- d) Experimentos in vivo.
- e) Actividad interactiva: ¿Quién tiene la proporción más áurea?

### A) EXPOSICIONES DE TRABAJOS REALIZADOS POR LOS ALUMNOS DEL CENTRO

Los profesores del área de Matemáticas y Ciencias Experimentales propusieron proyectos en clase, cuyos resultados fueron expuestos el I Día de la Ciencia al resto de la comunidad educativa del centro. Los proyectos realizados fueron los siguientes:

- *Científicos eminentes.* Dentro de la asignatura de Fundamentos y Didáctica de la Física, correspondiente al segundo curso del Grado de Maestro en Primaria, los alumnos realizaron un proyecto de investigación histórico-científica dirigido a la elaboración de un póster. Óscar Vázquez dirigió esta actividad con los alumnos, encargándose de orientar el trabajo individual así como de coordinar los trabajos para poder lograr con el conjunto una visión completa de cómo se ha ido construyendo el conocimiento científico que poseemos hoy a lo largo de la historia. Para la elaboración de este proyecto se empleó una herramienta informática llamada Glogster. El resultado fue un acercamiento extenso y riguroso a la par que ameno a algunos conceptos fundamentales de las ciencias básicas.
- *Diseño de experimentos.* En el marco de la asignatura de Fundamentos y Didáctica de la Química y la Geología, correspondiente al tercer curso del Grado de Maestro en Educación Primaria, la profesora Beatriz Martín Castro guio el desarrollo de un proyecto consistente en diseñar y realizar un experimento científico original y posteriormente explicarlo con un póster. Para esta actividad los alumnos trabajaban en pequeños grupos de 3 o 4 alumnos. Se logró reunir un conjunto amplio de experimentos independientes y fáciles de repetir con el rigor y el método científico como denominador común.
- *Pirámide nutricional.* En la asignatura de Fundamentos y Didáctica de la Alimentación, la profesora María Teresa Solís González propuso a los alumnos la elaboración de una maqueta de una pirámide nutricional. Los alumnos trabajaron en pequeños grupos proponiendo y elaborando maquetas con diversos materiales y formatos, dando rienda suelta a su creatividad. El resultado fue un conjunto de pirámides nutricionales que ponen de manifiesto la importancia de la creatividad en la didáctica de las ciencias.
- *Máquinas sencillas.* En el marco de la asignatura Fundamentos y Didáctica de la Física, la profesora Irene Suárez Lacalle había trabajado el último semestre del curso anterior 2012-13 las máquinas simples, mediante el desarrollo de un proyecto que consistía en la elaboración de máquinas sencillas. Para el I Día de la Ciencia se solicitó a los alumnos que habían participado en este proyecto que prestaran sus máquinas para exponerlas a toda la comunidad educativa del centro. Por razones diversas, sólo un grupo de alumnos pudo traer su máquina, un barco a vapor. El barco se expuso y se puso en marcha durante el I Día de la Ciencia.

Todas estas actividades formaban parte de asignaturas del área y eran evaluables. Participaron todos los alumnos a los que se les propuso. De la realización y presentación de estos trabajos destacamos que la motivación de los alumnos y la calidad de los proyectos superó el nivel medio habitual.

## B) CONCURSO DE FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA

Se propuso un concurso fotográfico a toda la comunidad educativa cuyo fin era plasmar gráficamente alguna situación que inspirara una reflexión científica y/o matemática. Para ello se pedía a los concursantes que presentaran una fotografía original e inédita acompañada de una explicación de carácter científico/matemático sobre aquello que se veía, ilustraba o inspiraba en la imagen.

Se informó a los alumnos de la existencia de este concurso en clase, y las bases fueron publicadas en el Campus Virtual del centro. El jurado era multidisciplinar, participando profesores del centro del área de Plástica, del área de Matemáticas, del área de Ciencias Experimentales y un representante del personal de administración y servicios.

De esta actividad destacamos que la participación fue escasa y que los alumnos mostraron dificultad para identificar y explicar adecuadamente las ideas científicas subyacentes a las imágenes presentadas. Para mejorar la participación en futuras ediciones, anunciaremos con mayor antelación el concurso e intentaremos ofrecer mejores premios. Por otro lado, desde las diversas asignaturas del área, se trabajará más el desarrollo de la capacidad de identificar el conocimiento científico y diferenciarlo de otras formas de

conocimiento u opinión, competencia que creemos básica para desarrollar una buena capacidad crítica que dé soporte a la toma de decisiones a lo largo de la vida.



Primer premio



Segundo premio



Tercer premio

### C) CONFERENCIA CIENTÍFICA DE CARÁCTER DIVULGATIVO

Se organizó también una conferencia de carácter divulgativo impartida por el profesor Dr. Alfredo Tiemblo titulada «Interacciones básicas del Universo».

Para favorecer la participación de los alumnos, los profesores del área destinaron tiempo de sus clases a esta actividad. Los alumnos mostraron alto grado de satisfacción en su participación al finalizar la conferencia.

### D) EXPERIMENTOS IN VIVO

El 1 Día de la Ciencia se instaló un laboratorio móvil en una zona de paso habitual de alumnos y profesores, junto a la entrada del centro. Durante el descanso matinal se llevó a cabo una reacción química juntando una gominola (sacarosa) con clorato potásico. Estos dos reactivos se combinan liberando una gran cantidad de energía en forma de luz así como un nuevo producto en estado gaseoso que se hacía visible en el humo que se condensa a la salida del tubo de ensayo.

El objetivo de esta actividad era entretener y atraer la atención de los presentes sobre la actividad científica. La puesta en escena del laboratorio y el profesor que realizaba el experimento ataviado con la bata correspondiente ayudaron a contextualizar la actividad y atrajo la atención de muchos alumnos y profesores que se acercaron a verla. Los participantes disfrutaron mucho de la actividad. Para futuras ediciones hay que tener en cuenta que la liberación de un producto gaseoso tras la reacción puede activar los sensores de incendios y conviene realizar la actividad al aire libre.

### E) ACTIVIDAD INTERACTIVA: ¿QUIÉN TIENE LA PROPORCIÓN MÁS ÁUREA?

El día de la celebración del evento que se detalla en este artículo se aprovechó el descanso de la mañana para proponer una actividad interactiva a los miembros de la comunidad educativa del CES Don Bosco. Para ello se invita a los asistentes a acercarse al puesto donde se realiza esta actividad y tomar medidas de diversas partes del cuerpo. Estas medidas se registran y al final de la actividad la persona que haya demostrado tener una proporción corporal más próxima al número áureo recibe un premio.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para conocer la opinión y el grado de satisfacción de los alumnos, se pasó una encuesta empleando una herramienta *online* de Google (ANEXO 1).

Se recibieron un total de 81 respuestas, 32 de las cuales fueron positivas en cuanto a la participación en las actividades y susceptibles de ser analizadas.

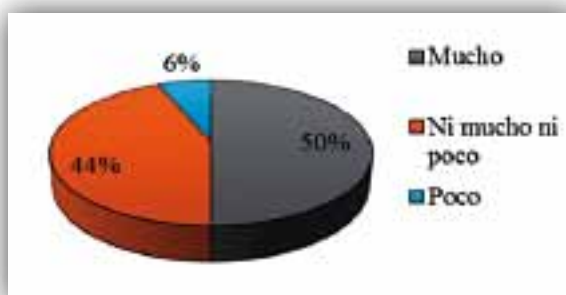


Figura 1. Disfrute de los alumnos con la actividad.

Sobre las respuestas a la pregunta respecto de la satisfacción con las actividades (Figura 1), se puede destacar que solo un 6% del alumnado encuestado que ha participado manifiesta haber disfrutado poco.

En las preguntas sobre contenidos y sus tipos (Tabla 1) se puede destacar que el 43% de los encuestados dicen haber aprendido o consolidado mucho sus conocimientos, especialmente aquellos de tipo conceptual, y en menor medida los actitudinales.

	Mucho	Ni poco ni mucho	Poco
Contenidos conceptuales	50%	44%	6%
Contenidos procedimentales	41%	47%	13%
Contenidos actitudinales	38%	41%	19%

Tabla 1. Aprendizaje y/o consolidación de contenidos a través de las actividades propuestas.

En cuanto a la valoración de las actividades (Figura 2), las expositivas y las demostrativas fueron las mejor valoradas. Aun así es difícil analizar estos datos, puesto que los alumnos encuestados solo podían escoger una actividad como preferida.

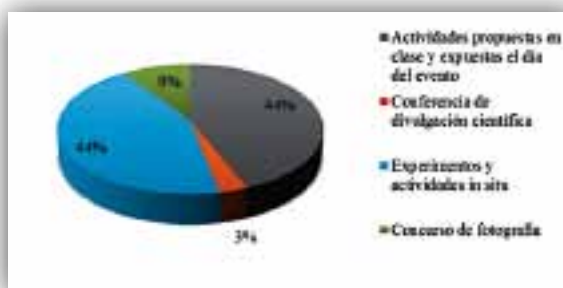


Figura 2. Valoración de las distintas actividades.

Para valorar más profundamente el interés por las actividades, faltaría saber en cuántas actividades participó cada uno de los alumnos, y qué valoración dan esos alumnos a esas actividades en concreto, ya que es esa diferencia la que nos puede dar una idea más clara de cuáles de las actividades han gustado más.



## CONCLUSIONES

1. En cuanto a la participación en la actividad, se pueden destacar los siguientes aspectos:
  - Los profesores del área se han esforzado en motivar a sus alumnos para que participaran en el I Día de la Ciencia, habiendo participado activamente una gran parte de ellos. Aun así habría que valorar que esta participación pudo estar condicionada por el hecho de que repercutía en la nota final de las asignaturas.
  - Sin embargo, aquellos alumnos del centro que no tenían asignaturas del área de ciencias en el primer semestre del presente curso participaron escasamente.
  - Además, la participación de profesores fuera del área y del PAS ha sido escasa.

Estas tres cuestiones nos llevan a la conclusión de que habrá que hacer un mayor esfuerzo fuera de las aulas para que la información llegue a todos los alumnos y personal del centro, fomentando su participación en la divulgación de las actividades en próximas futuras ediciones.

2. En cuanto a los objetivos propuestos por el departamento, se considera que el hecho de dedicar un día especial a las ciencias ha permitido un acercamiento lúdico y voluntario de los miembros de la comunidad educativa a las cuestiones científicas.

Además, la mitad de los alumnos que han participado manifiesta haber disfrutado mucho con esta actividad y casi todos declaran haber disfrutado algo, de lo que se infiere un alto grado de satisfacción general de los participantes.

La realización de algunas actividades por parte de los alumnos solicitadas desde las asignaturas del área ha permitido a los alumnos emplear herramientas tecnológicas nuevas (*glogster*), desarrollar su creatividad para preparar las exposiciones e implicarse en la preparación del evento.

Aun así, habría que mejorar varios aspectos de cara a futuras ediciones, como la ubicación de los distintos materiales expuestos y el tiempo de exposición.

De manera general podríamos decir que, desde el área de Matemáticas y Ciencias Experimentales, consideramos el I Día de la Ciencia en el CES Don Bosco un éxito.

## BIBLIOGRAFÍA

Creativity is Learning. Glogster EDU: A complete educational solution for digital and mobile teaching and learning. <http://www.glogster.com>

FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología). (2005). *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España*. Madrid, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

*Programme for International Students Assessment*. (PISA). (2014). Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/> [mayo 2014].

## ANEXO I. ENCUESTA DE VALORACIÓN DEL I DÍA DE LA CIENCIA EN EL CES DON BOSCO

### Encuesta de valoración del I Día de la Ciencia en el CES Don Bosco

Breve encuesta para valorar la participación y aprendizaje de los alumnos del CES Don Bosco a raíz de las actividades organizadas entorno al I Día de la Ciencia en el centro.

**Nombre:**

**Por favor, indica el grado, curso y grupo al que perteneces**

**¿Has participado en alguna de las actividades organizadas con motivo del I Día de la Ciencia del CES Don Bosco? \***

Una respuesta negativa, ya fuese debido a alguna circunstancia o a que no se pudo responder, muestra que el alumno no asistió a ninguna.

Sí

No

**¿Las actividades propuestas mejoraron tu percepción del aprendizaje?**

Sí

No

**¿Las actividades que hiciste en el CES los participaste por propia iniciativa?**

Sí

No

**¿Has disfrutado con tu participación en estas actividades?**

Sí

No

**La participación en estas actividades, te ha servido para aprender o consolidar contenidos científicos conceptuales?**

Sí

No

**La participación en estas actividades, te ha servido para aprender o consolidar procedimientos científicos?**

El aprendizaje de procedimientos científicos se refiere a la realización de actividades prácticas, como la realización de experimentos.

Sí

No

**La participación en estas actividades, te ha servido para aprender o consolidar actitudes científicas?**

El aprendizaje de actitudes científicas se refiere a la adquisición de valores, como la curiosidad, el interés por aprender, la perseverancia, etc.

Sí

No

**¿Qué actividades te han resultado más interesantes?**

Actividades propuestas mediante el aprendizaje del aprendizaje

Actividades de divulgación científica

Actividades que han sido participativas y prácticas

Charlas de divulgación

**Notas:**

Formulario creado con Google Forms

© 2014 Google Inc. Todos los derechos reservados. Ayuda | Términos | Política de privacidad | Términos de servicio



# ESTUDIO DEL PARQUE REGIONAL DEL CURSO MEDIO DEL RÍO GUADARRAMA Y SU ENTORNO. PROYECTO DE COLABORACIÓN Y APROVECHAMIENTO DIDÁCTICO

M.<sup>a</sup> Carmen Merino, Rosario Morán, M.<sup>a</sup> Carmen Perdices y M.<sup>a</sup> José Ruiz

*Centro de Formación Ambiental Taller de Naturaleza de Villaviciosa de Odón*  
*Avenida de los Viveros, 1. 28670 Villaviciosa de Odón (Madrid)*  
tn.villaviciosa@educa.madrid.org

**Palabras clave:** Parque Regional, Curso Medio del río Guadarrama, proceso didáctico, materiales didácticos, participación ciudadana, Comunidad de Madrid.

**Keywords:** Regional Park, Middle Course of the River Guadarrama, learning process, educational materials, public participation, Madrid Community.

## Resumen

En el presente artículo se presenta la publicación didáctica «Estudio del Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su entorno. Proyecto de colaboración y aprovechamiento didáctico». Un proceso didáctico para investigar este espacio protegido y fomentar la participación ciudadana con el objetivo de promover su conocimiento y conservación.

Se realizó en un marco de colaboración entre el Centro de Formación Ambiental Taller de Naturaleza de Villaviciosa de Odón (Consejería de Educación) y la Oficina del Parque Regional (Consejería de Medio Ambiente).

## Abstract

The educational publication «Study of Regional Park Middle Course Guadarrama river and its environment. Collaboration and educational achievement project», is presented in this article. Is an educational process to investigate this protected area and encourage citizen participation in order to promote awareness and conservation.

Was performed in a collaboration between the Centre for Environmental Educational Villaviciosa de Odón (Department of Education) and the Office of the Regional Park (Department of Environment).

## INTRODUCCIÓN

El Parque Regional del curso medio del río Guadarrama y su entorno es un espacio protegido que se extiende desde la base de la sierra madrileña hasta la campiña de la depresión del Tajo, siguiendo el cur-

so de los ríos Guadarrama y Aulencia, en la zona oeste de la Comunidad de Madrid. Extendido de norte a sur entre los municipios de Galapagar y Batres, en un recorrido de unos 50 km, sorteando un desnivel de 320 metros.

Está compuesto por gran variedad de ecosistemas: bosques mediterráneos, bosques de ribera y cultivos y eriales, caracterizados por una gran biodiversidad e importancia patrimonial y cultural.

El territorio incluido en este espacio se caracteriza por manifestar una aceptable calidad ambiental con notables contrastes dentro del mismo y en donde existen zonas de alto valor ecológico y paisajístico sometidas a fuertes presiones, en su mayor parte procedentes de la actividad urbanizadora.

La presión y las amenazas de transformación que pesaban sobre las diferentes unidades ambientales existentes en torno al curso medio del río Guadarrama hicieron necesario el establecimiento de un régimen de protección que garantizara su conservación.

La declaración como Parque Regional se desarrolla en la Ley 20/1999, de 3 de mayo, modificada por Ley 4/2001, de creación del Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su entorno. Consta de un Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN), aprobado por Decreto 26/1999, de 11 de febrero.

Su gran valor ecológico hace que disfrute de otras figuras de protección. La práctica totalidad del Parque se recoge en la figura LIC ES 3110005 «Cuenca del río Guadarrama». Se solapan con el Parque el LIC ES 3110007 «Cuenca de los ríos Alberche y Cofio» y la ZEPA ES 0000056 «Encinares de los ríos Alberche y Cofio».

## LA EXPERIENCIA EDUCATIVA

La publicación didáctica que presentamos en este artículo fue el resultado de una propuesta metodológica que se experimentó con profesorado y alumnado de 4.º ESO y Bachillerato de cuatro centros educativos (IES Cañada Real, IES Burgo de las Rozas, IES Calatalifa e IES El Álamo), de distintas zonas próximas al Parque Regional.

En un proceso de evaluación conjunta con el profesorado participante y el personal técnico del Parque Regional, se valoraron cada una de las fases del proyecto tanto desde el punto de vista educativo, como desde el fomento de la participación y conocimiento del Parque Regional. Los resultados satisfactorios obtenidos llevaron a plantear la realización de la publicación didáctica, que tiene como destinatarios principales al profesorado y alumnado de estos niveles educativos.

Los objetivos generales del proceso didáctico:

- Dar a conocer los valores del Parque Regional a la comunidad educativa, así como las medidas de conservación para preservar este espacio protegido.
- Estudiar e investigar los elementos e interacciones de los ecosistemas del Parque Regional.
- Promover la participación e implicación ciudadana en protección de la naturaleza y la sostenibilidad.

## LA PUBLICACIÓN DIDÁCTICA

La publicación consta de diferentes apartados:

### I. Los valores del Parque Regional

La publicación comienza con una información general sobre el Parque Regional aportada por los técnicos de la Consejería de Medio Ambiente: características del espacio protegido, grados de pro-

tección y zonificación, el medio natural, diversidad de paisajes, patrimonio histórico y cultural y principales recomendaciones para la visita al Parque.

Este bloque de información aportará muchos de los datos necesarios para la realización de las actividades didácticas.



Figura 1. Portada de la publicación didáctica.



Figura 2. Espacio natural protegido.

2. **Aplicación didáctica y propuesta metodológica**

En este apartado se explica la propuesta educativa, con las fases que incluye el proceso didáctico y las características como proyecto colaborativo.

3. **Actividades previas en el centro educativo**

El proceso didáctico comienza en el centro educativo con el objetivo de adquirir los conocimientos necesarios para iniciar la investigación y preparar adecuadamente la fase de muestreo. Incluye materiales didácticos sobre búsqueda de información en el Parque Regional y su problemática, estudio cartográfico de la zona y planificación y organización de la salida.

Para cada actividad propuesta se desarrollan los objetivos, contenidos y competencias educativas, así como los materiales necesarios para su realización.



Figura 3. Aplicación didáctica y propuesta metodológica.



Figura 4. Actividades previas.



Figura 5. Material para planificación y organización de la salida.

4. Actividades para el estudio de campo

Una vez preparado el proceso previo, se podrá abordar el estudio de campo en la zona del Parque Regional elegida. Para ellos se proponen dos estrategias de investigación diferentes: un itinerario con apoyo de mapa topográfico y la toma de datos en un punto de muestreo.



Figura 6. Actividades del estudio de campo.



Figura 7. Material para identificación y distribución de la vegetación.



Figura 8. Material para el análisis de la calidad del agua.

Esta fase incluye diferentes actividades: código del naturalista, problemas ecológicos, identificación y distribución de la vegetación, clasificación de fauna, toma de datos meteorológicos, descripción del cauce y análisis de la calidad del agua.

## 5. Actividades posteriores

Una vez realizado el muestreo de campo, de nuevo en el centro educativo, se proponen actividades para la elaboración de propuestas de mejora en el Parque, la realización de un informe final que recoja la investigación realizada y la comunicación a la comunidad educativa.

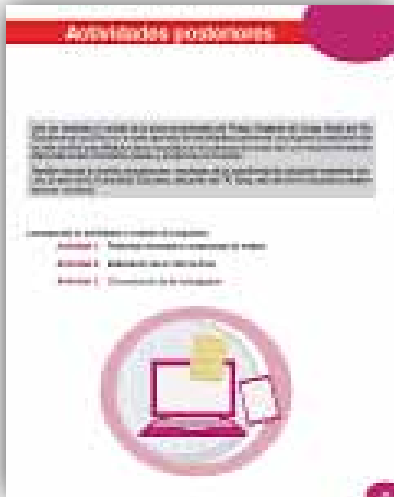


Figura 9. Actividades posteriores.



Figura 10. Actividad problemas detectados y propuestas de mejora.



Figura 11. Actividad elaboración de un informe final y comunicación de la investigación.

## 6. Zonas de estudio en el Parque Regional

En este apartado se aportan datos de interés para realizar la investigación en las distintas áreas recreativas estudiadas: Galapagar-La Navata, Puente del Retamar (Las Rozas), El Sotillo (Villaviciosa de Odón) y El Álamo.

## 7. Anexos

Los anexos aportan información relevante del Parque al fin de completar la investigación realizada durante todo el proceso. Se incluyen mapas (litología y fisiografía), láminas de flora y fauna, plano de la red de sendas, sendas específicas de las zonas estudiadas y un mapa de espacios protegidos de la Comunidad de Madrid.



Figura 12 Anexo. Flora del Parque Regional.



Figura 13 Anexo. Fauna del Parque Regional.





Figura 14 Anexo. Ruta circular de Villaviciosa de Odón (a doble página).

#### BIBLIOGRAFÍA Y DIRECCIONES DE INTERNET

CENTRO DE FORMACIÓN AMBIENTAL TALLER DE NATURALEZA DE VILLAVICIOSA DE ODÓN: <http://www.educa2.madrid.org/web/centro.tn.villaviciosa>

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (2007). *Atlas Medio Ambiente Comunidad de Madrid*. Editorial Dirección General de Promoción y Disciplina Ambiental.

GRUPO DE ACCIÓN PARA EL MEDIO AMBIENTE, GRAMA (2009). *Estado de Conservación del Tramo Medio del río de Guadarrama*.

<http://www.asociaciongrama.org/documentacion/informes/Informe%20Estado%20de%20Conservacion%20del%20Tramo%20Medio%20del%20Rio%20Guadarrama%202009.pdf>

OFICINA DEL PARQUE REGIONAL: <http://www.parqueregionalguadarrama.org/>

# MICROQUÍMICA VERDE APLICADA A LAS ACTIVIDADES PRÁCTICAS ESCOLARES DE RECONOCIMIENTO DE LOS PRINCIPIOS INMEDIATOS EN LOS ALIMENTOS

José Luis Olmo Rísquez

*Profesor de Secundaria de Biología y Geología del IES Azuer de Manzanares (Ciudad Real)*  
jlorsquez@yahoo.es

**Palabras clave:** Microquímica verde, indagación, educación, actividades prácticas, alimentos.

**Keywords:** Green microchemistry, inquiry, education, practical activities, food.

## Resumen

La microquímica verde utiliza pequeñas cantidades de reactivos y es respetuosa con el medio ambiente. En el presente trabajo se han desarrollado y rediseñado un conjunto de prácticas bioquímicas de laboratorio que permiten identificar los principios inmediatos presentes en los alimentos, aplicando la microquímica verde y la metodología de la indagación. Cada actividad práctica consta de: (1) un folio plastificado donde se llevan a cabo las reacciones químicas, excepto aquellas que requieran calor, las cuales se realizan en un pequeño soporte muy casero, la parte metálica de los tapones de corcho de cava o sidra; (2) las muestras a analizar; (3) los reactivos y (4) un guion donde se describe la práctica a realizar. Las ventajas de la microquímica verde y el planteamiento de indagación permiten que los alumnos realicen las prácticas de laboratorio dentro del aula con pocos recursos materiales y mejoren su competencia científica.

## Abstract

Green microchemistry uses small amounts of reagents and it is respectful with the environment. In this work, we have developed and redesigned a number of biochemistry laboratory practicals. They allow to identify the immediate principles present in food, applying the green microchemistry and inquiry methodology. Each practical activity consists of: (1) a laminated sheet of paper where the chemical reactions are carried out, except for those where heat is required, which are carried out in a very small home-made base, the metallic part of corks of champagne or cider; (2) the samples to be analysed; (3) the reagents and (4) a script where the practical to be performed is described. The advantages of green microchemistry and the inquiry methods allow the students to implement the laboratory practicals inside the classroom with few material resources, and to improve their scientific competence.

## INTRODUCCIÓN

La microquímica verde aplicada a las actividades prácticas bioquímicas de laboratorio presenta una serie de ventajas: (1) se utilizan solo unas pocas gotas de reactivos; (2) no son necesarios los tubos de ensayo, ya que son reemplazados por microplacas o un simple papel plastificado; (3) se generan muy pocos residuos fáciles de limpiar; (4) se sensibiliza a los estudiantes por el medio ambiente; (5) se pueden realizar dentro del aula y no necesariamente en el laboratorio y (6) se ahorra tiempo y costes de material.

El objetivo del presente trabajo es rediseñar, aplicando la microquímica verde y la metodología de la indagación, las prácticas clásicas de identificación de principios inmediatos en los alimentos.

## METODOLOGÍA EMPLEADA, MATERIAL Y MÉTODOS

El planteamiento de las actividades prácticas de laboratorio se realiza desde una Educación de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI). Este enfoque didáctico aborda la enseñanza desde una perspectiva constructivista e inductiva que promueve la observación, la experimentación y el pensamiento crítico (FERNÁNDEZ *ET AL.* 2013).

El aprendizaje basado en la indagación normalmente comienza con un problema a resolver. En este proceso el alumno toma un papel activo; partiendo de un conocimiento previo, tratará de solucionar el problema relacionando los conceptos que vayan apareciendo con aspectos de su vida cotidiana, construyendo un nuevo conocimiento en el transcurso del aprendizaje (FERNÁNDEZ *ET AL.* 2013).

Cada una de estas prácticas consta de: (1) una hoja de papel plastificado donde se llevarán a cabo la diversas reacciones químicas, excepto en aquellas que sea necesario suministrar calor; las cuales se realizarán en un pequeño soporte, consistente en la parte metálica que estabiliza los tapones de corcho de las botellas de cava o sidra; (2) las muestras a analizar; (3) los reactivos a utilizar en pequeños frascos cuentagotas; y (4) un guion donde se describe la práctica o actividad a realizar.

Estas actividades pueden ir dirigidas a todos los alumnos de Secundaria, aunque habrá que ir adaptándolas a los diversos niveles. Además, estas prácticas pueden ser trabajadas en grupos o de forma individual.

De forma general, al alumnado se le planteará un problema a resolver, para lo que tendrá que tratar de dar respuesta a un conjunto de preguntas. Para poder contestarlas, tendrá que llevar a cabo una serie de sencillos experimentos basados en diversas reacciones químicas. Posteriormente, contestará a unas preguntas, que se pondrán en común dentro del aula, para finalmente responder a la pregunta inicial por medio de las conclusiones a las que ha llegado después de haber empleado el método científico.

## RESULTADOS

Entre las nuevas prácticas diseñadas, podemos destacar: (1) ¿Qué contiene el agua que bebo? ¿Por qué es vital para mi salud? (Identificación de las sales minerales en el agua). (2) ¿Cómo distinguir los hidratos de carbono que tomo a diario? (Identificación de glúcidos complejos y sencillos). (3) ¿Qué alimentos que compramos en el supermercado contienen almidón? (Identificación del almidón). (4) ¿Cómo saber si un alimento que comemos contiene grasas? (Identificación de lípidos). (5) ¿Qué contiene la leche que bebo? ¿Por qué es tan importante para los mamíferos? (Identificación de los nutrientes de la leche).

A continuación se van a desarrollar, como ejemplos, las dos primeras actividades prácticas, ya que las restantes tienen la misma estructura y fundamento.

¿Qué contiene el agua que bebemos?

Esta actividad consiste en reconocer los nutrientes presentes en el agua, como son las sales minerales y la propia agua. Además, nos va a permitir detectar algunas ideas erróneas o preconcebidas sobre el agua, así como diferenciar el agua pura de la potable, y la embotellada de la del grifo. Los materiales que vamos a emplear son muy sencillos y muy asequibles: (1) unos frasquitos cuentagotas que contienen cada uno de ellos las siguientes sustancias: agua pura o destilada, agua salada (para ello echamos unos 3 gramos de sal común a 100 ml de agua destilada, esto simulará al agua marina), agua embotellada (cualquier marca es útil) y agua del grifo y, finalmente, una solución de nitrato de plata al 1%; (2) un folio plastificado con la plantilla donde realizar las reacciones químicas entre los diversos tipos de aguas y el nitrato de plata, y con las preguntas a contestar (Figura 1). Las plantillas donde se llevan a cabo las reacciones químicas se pueden descargar en: <https://app.box.com/s/ddd9joddayy8cys6lj7q> o bien a través del QR (Figura 2).



Figura 1. Plantilla del agua y las sales minerales.



Figura 2. Código QR para ver y descargar plantillas.

El alumno en grupo o de forma individual, cuando lleve a cabo las reacciones químicas, podrá contestar fácilmente a un conjunto de preguntas y llegar a conclusiones sobre el agua y su importancia para la vida. Es en este punto donde el profesor puede modificar el nivel de dificultad y la orientación de la práctica según los objetivos que quiera alcanzar con sus alumnos. Por ejemplo, si está trabajando con alumnos de 1.º y 2.º de la ESO, les puede dirigir hacia la idea fundamental de que el agua en la naturaleza no es pura (suelen confundir la idea de pura con potable) y que son fundamentales las sales minerales y el oxígeno disuelto en el agua para la existencia de la vida en los ecosistemas acuáticos. Mientras que a los alumnos de Bachillerato se les puede plantear cuestiones relacionadas con la controversia entre el agua embotellada y el agua de grifo, tanto desde un punto de vista químico-biológico como de su consumo. Además, esta actividad puede dar origen al desarrollo de un proyecto de investigación en el que se compara la calidad de las aguas minerales que se sirven en los bares o se venden en los supermercados con la del agua de grifo de su ciudad (OLMO, 2003, ver Figura 3).



Figura 3. Código QR para ver y descargar artículo sobre las aguas embotelladas y de grifo.

### ¿CÓMO DISTINGUIR LOS HIDRATOS DE CARBONO QUE TOMO A DIARIO?

En esta segunda experiencia se identifican los principales glúcidos que diariamente solemos tomar. Entre los glúcidos sencillos (monosacáridos y disacáridos), podemos destacar la sacarosa o azúcar de caña, y, entre los complejos (polisacáridos), el almidón. Para la detección del almidón emplearemos el lugol, que lo tiñe de color azul oscuro. La práctica consiste en ver qué alimentos presentan almidón (Figura 4).

Para ello colocaremos pequeñas muestras de patata, arroz, pollo, otra carne y pan; posteriormente le añadiremos una gota de lugol y esperaremos a observar si aparece una mancha azul oscura, que indicará un resultado positivo. En el caso de la identificación de los azúcares sencillos emplearemos una solución de sacarosa (disacárido no reductor) y unas gotas de leche (que contiene lactosa, disacárido reductor) (Figura 5).

**DETERMINACIÓN DEL ALMIDÓN EN VARIOS ALIMENTOS**

El almidón es un glúcido complejo (polisacárido) se puede reconocer con el **lugol**, que es una disolución de yodo con la que se tiñe de azul.

Vamos a comprobar si alguno de los siguientes alimentos contiene almidón:

<b>PATATA</b>	<b>PATATA + LUGOL</b>
<b>ARROZ</b>	<b>ARROZ + LUGOL</b>
<b>POLLO</b>	<b>POLLO + LUGOL</b>
<b>OTRO CARNE</b>	<b>CARNE + LUGOL</b>
<b>PAN</b>	<b>PAN + LUGOL</b>

**PREGUNTAS:**

1. ¿Qué alimentos contienen almidón?
2. ¿Cuál es el origen de los alimentos que los contienen?
3. ¿Todos ellos contienen almidón, ¿por qué razón primero o segundo?

Figura 4. Plantilla para la detección del almidón en alimentos.

**NUTRIENTES EN LA LECHE**

**Determinación de azúcares reductores**

-Suero-

**Presencia de disacáridos**

-Suero-

**Conclusiones:**

1. ¿Qué tipo de azúcares presenta la leche?
2. ¿Cómo localizamos los glúcidos en la leche?
3. ¿Qué tipo de sales se localizan en la leche?

**Presencia de proteínas**

-Suero-

**Presencia de calcio**

-Suero-

Figura 5. Plantilla para la determinación de los nutrientes de la leche.

Para su reconocimiento emplearemos la reacción de Fehling, que consiste en calentar una disolución compuesta por el glúcido a determinar y sulfato de cobre (II). Si el glúcido es reductor, se oxidará dando lugar a la reducción del sulfato de cobre (II), de color azul, a óxido de cobre (I), de color rojo anaranjado. Esta reacción, al necesitar calor, no la podemos hacer directamente sobre el papel, sino que empleamos las chapas y alambres que sujetan el tampón de corcho de algunas botellas de cava o vino espumoso (Figura 6). En el interior de la chapa verteremos una gota de la solución de azúcar a determinar; a continuación añadiremos unas gotitas de reactivo de Fehling A y posteriormente otras gotitas de Fehling B; y todo ello lo calentaremos con una cerilla de madera de palo largo, y en menos de un minuto se habrá completado la reacción (Figura 7).

Finalmente los alumnos tendrán que ir contestando las preguntas presentadas en las hojas plastificadas, las que vayan surgiendo durante la actividad y aquellas que el profesor determine según los objetivos y nivel del alumnado.



Figura 6. Material empleado para hacer reacciones que requieren calentamiento.



Figura 7. Reacción de Fehling para determinación de azúcares reductores.

## CONCLUSIONES

Este tipo de actividades realizadas en el aula contribuyen al desarrollo de las competencias y, en especial, la competencia científica, gracias al empleo de una metodología basada en la indagación. Además, hemos comprobado directamente que la química a microescala permite ser respetuosa con el medio ambiente, reduce los materiales a utilizar y, por tanto, su coste, se limpia muy fácilmente con escaso uso de agua y, lo más importante, se pueden realizar multitud de actividades experimentales que estén basadas en reacciones químicas. Por otro lado, el alumnado ha valorado muy positivamente este tipo de actividades, lo que se ha visto reflejado en las encuestas y evaluaciones realizadas.

Finalmente, se anima a los profesores a que diseñen nuevas prácticas empleando la microquímica verde y la metodología de la indagación.

## BIBLIOGRAFÍA

FERNÁNDEZ, A., FERRER, M., OLIVÉ, B., BELLET, M. (2013). Inquire: un futuro sostenible a través de la indagación. *Actas del II Congreso de Docentes de Ciencias de la naturaleza*. Ed. GONZÁLEZ, M., BARATAS, A. Y BRANDI, A, 111-119.

KALOGIROU, E. Y NICAS, E. (2011). *Química a microescala: experimentos para el colegio*. Recuperado el 15 de mayo de 2014 del sitio *Web Science in School*, <http://www.scienceinschool.org/2010/issue16/microscale/spanish>

- MONTAGUT, P., NIETO, E. Y SANSÓN, C. (s.f.). *Química verde y microescala: por un futuro mejor*. Recuperado el 15 de mayo de 2014 de [http://depa.fquim.unam.mx/sie/Documentos/Quimica\\_verde\\_y\\_microescla.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/sie/Documentos/Quimica_verde_y_microescla.pdf)
- MORALES, M. L., MARTÍNEZ, J. O., REYES-SÁNCHEZ, L. B., HERNÁNDEZ, O. M., ARROYO, A. G., VALDIVIA, A. O. Y RUVALCABA, R.M. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? *Edu. Quim.* 22 (3). 240-248. Recuperado el 15 de mayo de 2014 de [http://www.quimicageneralpapimeunam.org.mx/Acceso\\_alumnos\\_archivos/Que\\_tan\\_verde\\_es\\_un\\_experimento.pdf](http://www.quimicageneralpapimeunam.org.mx/Acceso_alumnos_archivos/Que_tan_verde_es_un_experimento.pdf)
- OLMO, J. L. (2003). *El agua de Manzanares versus el agua embotellada*. Programa de feria y fiestas de Manzanares.41-43.
- SLATER, A. (s.f.). *Ciencia a pequeña escala*. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://greenteacher.com/wp-content/uploads/2014/02/cienciaapequenaescala.pdf>

# ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN EL CENTRO ESCOLAR

Alexandra Prada Alonso

*Colegio Salesiano San Juan Bautista  
c/ Francos Rodríguez, 5. 28039 Madrid  
a.prada.alonso@gmail.com*

**Palabras clave:** Educación Secundaria, contaminación acústica, TIC, trabajo cooperativo, experimento.

**Keywords:** Secondary education, acoustic pollution, ITC, cooperative work, experiment.

## Resumen

La enseñanza de las ciencias en la Secundaria ha ido evolucionando desde las clases magistrales al uso de nuevas metodologías didácticas, buscando que los alumnos sean conscientes de la aplicación práctica de lo visto en la clase teórica.

En la presente comunicación mostraremos una experiencia realizada con alumnos de 2.º de ESO para el estudio de la contaminación acústica en un centro escolar siguiendo el método científico y utilizando el móvil como aparato de medida.

## Abstract

Science Teaching on Secondary School have evolved from Magistral Classes to the current use of new teaching methodologies aiming for the students to be conscious about the practical use of what they are taught in class.

In the following article we'll show an experience driven by 14 year old students in order to research acoustic pollution in a school using the scientific method and using the phone as a tester.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos años, la asignatura de Ciencias Naturales en la Educación Secundaria ha intentado ir variando en su metodología. Hace años predominaba la enseñanza como mera transmisión de conocimientos, basada en explicaciones dadas por el maestro en la pizarra, con el libro de texto como única base y resolución de problemas tipo. Desde hace algún tiempo, la enseñanza busca un avance en las cuestiones competenciales pero, sobre todo, las procedimentales. El esfuerzo por parte del profesio-



rado es enorme, pero los obstáculos que se encuentra también lo son. Según José Mará Oliva y José Antonio Acevero,<sup>1</sup> los problemas giran en torno a tres grandes bloques:

- La poca presencia de las asignaturas de ciencias en la Educación Primaria y la reducción de estas en los currículos de Secundaria Obligatoria.
- La extensión de los currículos de ciencias en la Secundaria con una estructura prácticamente cerrada, en la que predominan de modo casi exclusivo los contenidos conceptuales en detrimento de los procedimentales y actitudinales.
- Aunque la LOGSE y la LOCE han puesto en sus orientaciones un tipo de enseñanza más innovadora, basada en el papel activo del alumno, la realidad es que predomina la enseñanza transmisiva basada en clases magistrales en la pizarra, el libro de texto y resolución de problemas cerrados a lo explicado.

A todo esto debemos añadir el día a día del profesor con falta de laboratorios con el material adecuado, grupos de 30 o más alumnos, atención a la diversidad del alumnado, exigencias de una evaluación externa...

De acuerdo al Real Decreto por el que se establecen las Enseñanzas Mínimas correspondientes a ESO:<sup>2</sup>

«El trabajo científico tiene también formas específicas para la búsqueda, recogida, selección, procesamiento y presentación de la información que se utiliza además en muy diferentes formas: verbal, numérica, simbólica o gráfica. La incorporación de contenidos relacionados con todo ello hace posible la contribución de estas materias al desarrollo de la competencia en el tratamiento de la información y competencia digital. Así, favorece la adquisición de esta competencia la mejora en las destrezas asociadas a la utilización de recursos frecuentes en las materias como son los esquemas, mapas conceptuales, etc., así como la producción y presentación de memorias, textos, etc. Por otra parte, en la faceta de competencia digital, también se contribuye a través de la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación en el aprendizaje de las ciencias para comunicarse, recabar información, retroalimentarla, simular y visualizar situaciones, para la obtención y el tratamiento de datos, etc. Se trata de un recurso útil en el campo de las ciencias de la naturaleza y que contribuye a mostrar una visión actualizada de la actividad científica».

Dentro de la materia de Ciencias Naturales de 2.º ESO, en el bloque 3: Transferencia de energía correspondiente a los contenidos indicados en el currículum, se especifica el estudio de la luz y el sonido. En muchas ocasiones nos encontramos con alumnos que presentan dificultades para entender la asignatura desde el punto de vista exclusivamente teórico, y sin embargo alcanzan una mayor comprensión con experiencias prácticas.

En medio de este paradigma, los profesores de 2.º de ESO del Colegio Salesiano San Juan Bautista de las asignaturas de Ciencias Naturales, Matemáticas y Música decidimos participar en el Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido realizando un estudio de la contaminación acústica en nuestro centro escolar.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> OLIVA MARTÍNEZ, J. M. Y ACEVEDO DÍAZ, J. A. (2005). La enseñanza de las Ciencias en Primaria y Secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 2, Nº 2, pp. 241-250.

<sup>2</sup> REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las Enseñanzas Mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. BOE, 5 de enero de 2007.

<sup>3</sup> <http://www.ite.educacion.es/es/inicio/ultimas-noticias/1010-24-de-abril-dia-internacional-de-concienciacion-sobre-el-ruido-2013>

## OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD

El estudio de contaminación acústica en el centro escolar es una iniciativa que surge de la necesidad de acercar el trabajo científico a los alumnos para una mejora en su aprendizaje en la asignatura de Ciencias Naturales de 2.º ESO.

Los objetivos para el profesorado fueron:

- Favorecer el aprendizaje de conceptos.
- Promover la motivación de alumnos.
- Fomentar el aprendizaje cooperativo.
- Aprender un uso de las TIC de forma educativa (ordenadores y móviles).
- Colaborar en la formación de competencias transversales en el medio ambiente, la salud y las matemáticas.

Y los objetivos que los alumnos debían conseguir al finalizar fueron:

- Realizar un estudio estadístico sobre la contaminación acústica en el centro escolar.
- Proponer mejoras, en caso de que exista contaminación acústica.



Figura 1. Cartel del Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido.

## LA EXPERIENCIA PASO A PASO

### 1. CONOCIMIENTOS PREVIOS

Para poder llevar a cabo la experiencia, se requiere una planificación previa, ya que los alumnos necesitan conocer una serie de conocimientos previos para poder afrontar con garantías de éxito la actividad. Para ello hubo un trabajo interdisciplinar entre las asignaturas de Música, Matemáticas y Ciencias Naturales.

- Matemáticas: conocimiento de conceptos básicos de estadística, como medidas de centralización y desviaciones y gráficos estadísticos.
- Música: conocimiento del sonido y su transmisión.
- Ciencias Naturales: conocimiento desde el punto de vista científico del sonido, su forma de transmisión, unidades de medida de la intensidad sonora, concepto de contaminación acústica y el método científico.

Aparte de esto, es necesario que los alumnos tengan un manejo de programas informáticos de texto y hojas de cálculo. Si los alumnos no los tienen, se pueden dar unas clases previas y dar un guion para que puedan seguir los pasos.

### 2. ORGANIZACIÓN LOGÍSTICA

El centro escolar donde se ha realizado la experiencia es un centro que abarca desde la Educación Infantil al Bachillerato. Por lo tanto, a la hora de llevar a cabo el trabajo de campo, este puede influir y afectar al desarrollo normal de las actividades ordinarias. Por ello, se siguieron unos pasos para involucrar y hacer partícipes de la experiencia a la mayor parte del claustro y de la comunidad educativa. Los pasos fueron:

- Presentar la iniciativa en los departamentos de Ciencias, y Matemáticas.
- Informar al claustro de Secundaria.
- Informar al equipo directivo del centro, para que este en cada sección estuviera informado.

Además, fue necesario mandar una carta a los padres con una autorización para el uso del teléfono móvil en el centro escolar; ya que por el Reglamento de Régimen Interno está prohibido. Para que el uso del móvil fuese controlado, se les solicitó a los alumnos que siempre estuviese en modo avión, y la persona que portase el móvil iría identificada con un chaleco reflectante.

### 3. ORGANIZACIÓN DE LOS GRUPOS DE TRABAJO

En la asignatura de Ciencias Naturales de 2.º de ESO contamos con la asistencia al laboratorio un día cada quincena. Es, para muchos de nuestros alumnos, la primera vez que tienen contacto con un laboratorio.



Figura 3. Grupo de alumnos de 2.º ESO a punto de comenzar las medidas.



Figura 4. Grupo de alumnos midiendo en Primaria.



Figura 5. Grupo de alumnos midiendo en el patio.



Figura 2. Vista aérea del centro escolar.

La forma de trabajo es por grupos. Lo habitual es que a principio de curso se organicen como ellos quieren. Pero a lo largo del curso se van haciendo cambios voluntarios u obligados por el profesor.

Con esta misma estructura es con la que se trabajó en el estudio de contaminación acústica. Antes de realizar la medida, los grupos tienen una sesión previa en el aula para organizarse y dividirse el trabajo (material necesario, partes a realizar, responsables de cada parte, establecer plazos...). Para llevar a cabo esta organización, se les entrega un guion donde se les explica brevemente la experiencia y qué se quiere conseguir.

El trabajo realizado en esta sesión deberá aparecer en el trabajo que entregarán para que, posteriormente, puedan evaluar si todo se ha realizado como planificaron o si ha cambiado y por qué. Este proceso es

importante, porque son ellos mismos los que se autoevalúan en temas relacionados con su planificación y responsabilidad de actuación.

#### 4. TOMA DE DATOS

Cada grupo de alumnos es el encargado de la recogida de datos en una zona específica del colegio y a una hora determinada, cubriendo casi todo el horario de 7:45 a 14:15. Los horarios de entrada al centro (7:45-8:00), recreo (10:45-11:10) y salida (14:00-14:15) lo realizan grupos de alumnos que se han ofrecido voluntarios. El resto de las franjas horarias se cubrirán entre las clases de Ciencias de la Naturaleza, Matemáticas y Música en 2.º ESO.

Los propios alumnos usaron sus teléfonos móviles como sonómetros mediante diversos programas gratuitos, y los datos recogidos fueron compartidos por zonas para hacer el estudio en cada área.

La distribución por el centro escolar se hizo según las preferencias de los alumnos, pero la idea era cubrir todas las áreas. Las zonas para estudiar fueron:

- Pabellón de la ESO y Bachillerato: los alumnos estaban distribuidos por parejas en pasillos y escaleras.
- Pabellón de Infantil: los alumnos están distribuidos por parejas en los pasillos y en el interior de un aula.
- Pabellón de Primaria: los alumnos están distribuidos por parejas en los pasillos y en el interior de algún aula.
- Patio: durante los recreos de Secundaria, Primaria e Infantil los grupos se posicionan en distintos lugares del patio.

Intervalos	Valor medio del intervalo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentajes %
[35, 45)	40	0	0	0%
[45, 55)	50	0	0	0%
[55, 65)	60	0	0	0%
[65, 75)	70	0	0	0%
[75, 85)	80	2	0,0952380	10%
[85, 95)	90	19	0,9047619	90%

	VALORES
MEDIA	87,02380952
MODA	87
MEDIANA	87
MÁXIMO	90
MÍNIMO	86

Tabla 1. Medidas tomadas en el patio y trabajadas con Calc.

#### 5. ANÁLISIS DE DATOS Y ENTREGA DEL TRABAJO

Esta parte de la práctica se realiza principalmente en el aula de Informática, ya que para el análisis de datos vamos a usar el programa LibreOffice Calc. Con los datos recogidos por todos y juntados en un

archivo por zonas y franjas horarias (esto le toca hacerlo al profesor), los alumnos comienzan a hacer el estudio de la zona donde han recogido los datos.

Con el programa LibreOffice Calc realizan el análisis de datos calculando medidas de centralización y desviaciones y gráficos estadísticos.

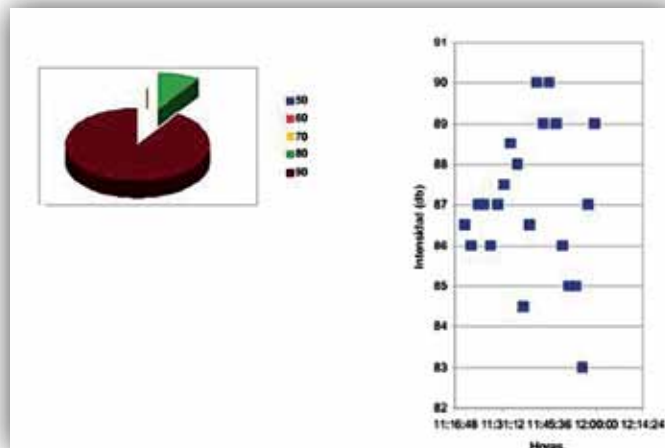


Gráfico 1. Datos representados medidos en el patio.

Es necesario un par de sesiones en el aula de Informática, ya que una gran mayoría de los alumnos no saben usar LibreOffice Calc y esto hace que el trabajo sea lento y necesiten un acompañamiento.

Después, el objetivo final es que los alumnos averiguaran si existían lugares o momentos en el horario escolar con contaminación acústica y propusieran medidas activas y pasivas para evitarlo. Finalmente, debían presentar un informe con todo el proceso, desde el objetivo y material que han usado, los datos recogidos y su posterior estudio y la parte que se considera fundamental: las conclusiones con las propuestas para evitar la contaminación acústica en el centro escolar.

## CONCLUSIONES

Una vez realizada la experiencia y echando la vista atrás, es bueno hacer una revisión con datos objetivos de la realización de esta práctica. Para ello se revisan los informes que han presentado nuestros alumnos. Era muy importante para ellos realizarlo bien, ya que puntuaba para las tres asignaturas que habían coordinado todo: Ciencias Naturales, Matemáticas y Música.

Pero también es importante valorar con ellos cómo se han sentido, si creen que les ha servido y para qué. Los alumnos valoraron muy positivamente la experiencia, incluso algunos de ellos comentando que se habían «sentido importantes mientras hacían el experimento al haber mucha gente pendientes de ellos».

Con respecto a su percepción del ruido, comentaron que cambió, ya que fueron conscientes de él, algo difícil en una ciudad como Madrid, y que además usaron los móviles para medir en sus hogares la intensidad del sonido y se lo mostraron a amigos y familiares explicándoles lo que suponía para la salud esa intensidad de ruido.

Por supuesto, también surgieron complicaciones a lo largo del proceso y que habrá que tener en cuenta a la hora de repetir la experiencia:

- La coordinación de los alumnos en los grupos en un proyecto de duración larga y con trabajo interdisciplinar es compleja, sobre todo si no están acostumbrados. Esto provocó problemas como el

abandono por parte de algunos miembros de grupos y una mala planificación temporal. Es importante tener claro qué hacer cuando un alumno no está cumpliendo con su parte del trabajo y esta recaerá sobre el resto del grupo.

- El desconocimiento de las herramientas de ofimática. Aunque todos pensamos que los alumnos de Secundaria son los alumnos de la era digital, esto no significa que los alumnos sepan manejar este tipo de herramientas. Así que será necesario idear alguna forma de que los posean mediante clases previas o trabajo personal en clase y casa.
- La necesidad de cuatro o cinco sesiones para la realización de la práctica de los alumnos en el centro escolar con el seguimiento del profesor (sesión preparatoria, sesión de toma de datos y dos o tres para el análisis de datos y realización del informe).

Aun así consideramos que los objetivos se han cumplido con creces, y el grado de satisfacción tanto por parte del profesorado implicado como por los alumnos ha sido superior al esperado. Además consideramos que este tipo de experiencias enriquece tanto a los alumnos como al profesorado, haciendo que para los primeros las clases de ciencias tengan una aplicación real en su vida cotidiana.



# ESTRATEGIA DE FORMACIÓN. EVALUACIÓN DE DOS TIPOS OPERATIVOS DE ECOSISTEMAS DEL MILENIO

M.<sup>a</sup> José Ruiz Alonso, M.<sup>a</sup> Carmen Perdices Madrid

*Centro de Formación Ambiental "Taller de Naturaleza Villaviciosa de Odón"*

*Consejería de Educación, Juventud y Deporte, Comunidad de Madrid*

*Avda. Viveros, 1. 28670 Villaviciosa de Odón (Madrid)*

*mjrui@educa.madrid.org, mcperdices@educa.madrid.org*

**Palabra clave:** Ecosistema, servicio, bienestar humano, indicadores, biodiversidad.

**Keywords:** Ecosystem, service, human well-being, indicators, biodiversity.

## Resumen

Una de las finalidades del Centro de Formación Ambiental Villaviciosa de Odón (CFAVO) es el diseño y desarrollo de proyectos de investigación e innovación en educación ambiental. También nuestra labor se centra en dar a conocer al profesorado de Educación Secundaria proyectos científicos actuales de interés internacional y nacional relacionados con la sostenibilidad.

En este sentido, desde el CFAVO, nos pareció interesante por un lado dar a conocer el programa científico interdisciplinario La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España (EME), promovido por la Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, y respaldado por Naciones Unidas. Este programa científico es el primero de sus características que se desarrolla en nuestro país, siendo el primer análisis que se realiza sobre el estado y las tendencias de los servicios de los ecosistemas terrestres y acuáticos de España y su contribución al bienestar de sus habitantes. Por otro lado, hacerlo a través de un proyecto de investigación e innovación que incluyera el diseño y desarrollo de una Estrategia de Formación, Comunicación, Educación y Participación para profesorado de Educación Secundaria de centros docentes de la Comunidad de Madrid, que facilitará la introducción en el aula de una nueva terminología y una nueva forma de acercamiento al conocimiento de los ecosistemas y la importancia de su conservación para el bienestar humano en sus facetas económica, ambiental y cultural.

## Abstract

One of the aims of Villaviciosa de Odón Environmental Training Centre (CFAVO) is to design and develop investigation and innovation about projects related to environmental education. Moreover, we also want to let Secondary Education Teachers know about current international and national scientific projects related to Sustainability.



On the one hand, we consider it interesting to let everyone know about the interdisciplinary scientific program "The Assessment of the Millennium Ecosystems in Spain" (EME), promoted by the Agricultural, Feeding and Environment Ministry Biodiversity Foundation, and supported by the United Nation Organization. This is the first scientific program with these features that is developed in our country. It is also the first analysis about the stage and the tendencies of the services about the inland and water ecosystems in Spain and their contributions towards the well-being of the inhabitants. On the other hand, we want to achieve it through an investigation and innovation project that includes the design and development of a Training, Communication, Education and Participation Strategy for the Secondary Education Teachers of Teaching Centres in the Community of Madrid. It will ease the introduction of a new terminology in the classroom and a new form of approaching to the ecosystem knowledge as well as the importance of their conservation for the human well-being in their economical, environmental and cultural sides.

## INTRODUCCIÓN

La estrategia formativa que a continuación se presenta, la propuesta para profesorado de Educación Secundaria y ciclos formativos de centros docentes de la Comunidad de Madrid, ha sido diseñada por el equipo educativo del CFA Taller de Naturaleza Villaviciosa de Odón. En su desarrollo se ha contado con la colaboración de la Unidad de Comunicación de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EME).

La estrategia de formación da a conocer al profesorado la metodología y terminología (*Figura 1*) que los científicos han utilizado para realizar la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en nuestro país y su aplicación en el aula. Resalta la importancia de los servicios que ofrecen estos ecosistemas en relación con el bienestar humano. Se evalúa el estado de los servicios en dos ecosistemas seleccionados al efecto y ubicados en el término municipal de Villaviciosa de Odón (*Figura 2*):

Un bosque de ribera.

Un ecosistema agrícola.



Figura 1. Terminología utilizada.

También se identifican los impulsores de cambio que han podido modificar o alterar alguno de estos servicios, y cómo estos cambios pueden influir en el bienestar humano. El proyecto finaliza con la propuesta de escenarios de futuro que permitan mantener de forma sostenible alguno de los servicios investigados.



Figura 2. Un bosque de ribera y un ecosistema agrícola.

En el diseño de la estrategia se ha tenido en cuenta, por un lado, el marco teórico-práctico que ofrece el EME y, por otro, el currículo de Secundaria y ciclos formativos, incluyendo las finalidades y metodología de la Educación Ambiental.

Conviene destacar que las áreas del currículo que soportan la estrategia de Formación son Biología y Ciencias para el Mundo Contemporáneo de 1.º de Bachillerato y Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente de 2.º de Bachillerato, sin olvidar, el enfoque interdisciplinar que propone la experiencia –la posibilidad de incorporación de otras áreas a la investigación–.

## FINALIDADES

La estrategia diseñada por el CFA Villaviciosa de Odón consta de varias finalidades:

- Dar a conocer programas científicos nacionales e internacionales relacionados con temática medioambiental (Programa científico interdisciplinario de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio).
- Dar a conocer al profesorado y alumnado la metodología utilizada por los científicos implicados en el proyecto Evaluación Ecosistemas del Milenio.
- Formar al profesorado de Educación Secundaria, dotándolo de recursos –como, por ejemplo, ciertas actividades–, que le permitan desarrollar con los alumnos un proyecto de investigación científica relacionado con el desarrollo sostenible (Figura 3).



Figura 3. Finalidades de la estrategia de formación.

## ESTRATEGIA DE FORMACIÓN

Las fases del proyecto de formación que a continuación se describen se han llevado a cabo en el curso escolar 2013-2014, participando en ellas profesorado del Departamento de Biología del IES Doctor Marañón de Alcalá de Henares, y la Unidad de Comunicación de EME (Figura 4).



Figura 4. Fases del proyecto.

La fase inicial se realiza en el CFA Villaviciosa de Odón y consiste en una SESIÓN FORMATIVA dirigida al profesorado que posteriormente desarrollará la experiencia educativa. En ella se explicarán los siguientes aspectos:

- La incorporación de la educación ambiental en el currículo.
- Presentación del proyecto de investigación EME.
- Aprovechamiento didáctico de la experiencia.
- Planificación de tareas docentes.

Posteriormente, se llevará a cabo una CONFERENCIA en el centro educativo que impartirá una científica de la Unidad de Comunicación y Participación de EME, donde se explica al profesorado y alumnado el proyecto científico, su marco internacional, nacional y autonómico.

La siguiente fase, INVESTIGACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS Y SU BIODIVERSIDAD, se desarrolla en el CFA Villaviciosa de Odón, participando alumnado de Bachillerato de Ciencias y profesorado del Departamento de Biología; su duración abarca una mañana y recoge tres momentos importantes (Figura 5):

- Identificación de tipos operativos de ecosistemas del milenio en el término municipal de Villaviciosa de Odón sito en la Comunidad de Madrid.
- Selección de ecosistemas (bosque de ribera, agroecosistema) y servicios (abastecimiento, regulación, culturales) para evaluar.
- Muestreo de campo con recogida de datos sobre estado y tendencia de los servicios seleccionados, síntesis e interpretación de resultados con descripción de posibles escenarios de futuro.



Figura 5. Investigación y evaluación de los ecosistemas y su biodiversidad.

En esta fase se utiliza material didáctico diseñado específicamente para el estudio planteado, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Figuras 6 y 7).



Figura 6. Materiales para evaluar servicios.



Figura 7. Servicios culturales de Abastecimiento.

La metodología empleada en el proceso se basa en la resolución de problemas propia de la educación ambiental y la utilizada en el proyecto científico EME.

Las actividades que lo requieren se acompañan de un material adecuado y específico para el desarrollo de las mismas: GPS, prismáticos, oxímetro, *tablet*, etc. (Figura 8).



Figura 8. Materiales específicos para el muestreo de campo.

La última fase del proyecto es la COMUNICACIÓN DE RESULTADOS; en ella se muestran al profesorado diferentes estrategias de comunicación (Figura 9).

- Elaboración de informes de la investigación realizada.
- Presentación del proyecto al resto de la comunidad educativa a través de distintas formas de expresión y formatos: exposiciones fotográficas, vídeos, revista, Web o blog del centro docente, redes sociales...



Figura 9. Estrategias de comunicación.

## CONCLUSIONES

La estrategia de formación descrita quiere recoger la nueva mirada a la naturaleza y su biodiversidad que el ámbito científico internacional está proponiendo realizar desde las ciencias de la sostenibilidad.

Este nuevo enfoque permite un estudio más complejo e integrado de la naturaleza, donde el estado y tendencia de los servicios se relacionan directamente con el bienestar humano y sus dimensiones.

En la evaluación realizada, la metodología propuesta por EME para acercarse al estudio de la naturaleza ha sido muy bien valorada por el profesorado que ha realizado el proceso formativo propuesto desde el CFA Villaviciosa de Odón, observando en su alumnado y en ellos mismos una visión diferente a la que hasta ahora tenían cuando abordaban el estudio de los ecosistemas.

Desde el CFAVO se ha ofrecido para el nuevo curso escolar la experiencia a nuevos centros docentes de la Comunidad de Madrid, siendo muy bien acogida por el profesorado de Educación Secundaria, a quien va dirigida.

El reto para el nuevo curso será que departamentos diferentes a los de Biología se sumen al proyecto, dando lugar a enfoques que permitan una visión más integrada y compleja de los ecosistemas, planteando nuevos escenarios de futuro hacia la sostenibilidad.

Por último, cabe reseñar que desde la Unidad de Comunicación y Participación del EME se nos ha proporcionado la colaboración e información solicitada a lo largo del proyecto, y han valorado muy positivamente el trabajo realizado en este curso, animándonos a continuar en esta labor de transformación hacia la sostenibilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO DE ESPAÑA (2011). *La evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de resultados*. Fundación Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- SUÁREZ ALONSO, M. L. Y VIDAL-ABARCA GUTIÉRREZ, M. R. (2013). ¿Qué hacen los ríos y riberas por nosotros?: estado actual y tendencias de los ecosistemas de ríos y riberas españoles en relación a los servicios que proporcionan a la sociedad. *Eubacteria* 31, 24-30.
- MONTES, C., SALA, O. (2007). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los Ecosistemas y el Bienestar Humano. *Ecosistemas* 16(3).



# **OTROS GRADOS DE ENSEÑANZA**

---





# OLIGOCHAETA ON LINE: UN PUENTE ENTRE LA INVESTIGACIÓN Y LA DOCENCIA

Ana García Moreno

*Departamento de Zoología y Antropología Física  
Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid  
c/ José Antonio Novais, 12. 28040 Madrid  
agmoreno@bio.ucm.es*

José María Hernández de Miguel

Elena Moreno-Eiris

Javier Camilo Barriga Bernal

Benito Muñoz Araujo

Pablo Refoyo Román

Eduardo Ruiz Piña

**Palabras clave:** Oligochaeta, recursos educativos, museos virtuales, catálogo, banco de imágenes.

**Keywords:** Oligochaeta, educational resources, virtual museums, catalog, image bank.

## Resumen

Para promover la difusión del conocimiento científico de los oligoquetos (lombrices de tierra) y su aplicación a procesos de enseñanza, se ha generado un recurso informático, un museo virtual, ([https://www.ucm.es/innovacion\\_zoologia/investigacion](https://www.ucm.es/innovacion_zoologia/investigacion)), basado en datos procedentes de investigación.

El espacio creado consta de un curso virtual sobre taxonomía de oligoquetos, una colección de imágenes de la anatomía externa, interna y disecciones de los oligoquetos; un catálogo de la clase oligochaeta, un listado de la bibliografía básica sobre la taxonomía de los oligoquetos y una base de datos sobre los oligoquetos de la península ibérica que servirá como modelo y punto de inicio de una base de datos mundial.

## Abstract

To promote the disclosure of scientific knowledge of Oligochaeta (earthworms) and its application to teaching processes, has generated a computer resource, a virtual museums, ([https://www.ucm.es/innovacion\\_zoologia/investigacion](https://www.ucm.es/innovacion_zoologia/investigacion)), based on data from research.

The web space created consists of a virtual course on taxonomy Oligochaeta, a collection of images of the external, internal and Oligochaeta anatomy dissections; a catalog of the class Oligochaeta, list of basic references on the taxonomy of Oligochaeta and a database on the Oligochaeta of the Iberian Peninsula, which will serve as a model and starting point for a global database.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de recursos educativos relacionados con la biología ha sido uno de los objetivos prioritarios del grupo Inedu.Pro; prueba de ello son los dieciocho proyectos de innovación educativa que se vienen desarrollando desde el año 2003. Los resultados obtenidos han sido presentados en las distintas ediciones de los Congresos de Docentes de Ciencias,<sup>1</sup>(GARCÍA MORENO *ET AL.* 2011, 2013a, 2013b) y son accesibles de forma libre en la página Web del grupo ([http://www.ucm.es/innovacion\\_zoologia](http://www.ucm.es/innovacion_zoologia)). Consisten en una serie de recursos variados tales como: bancos de imágenes, museos virtuales, revistas electrónicas, asignaturas virtualizadas, modelización en 3D, etc., siempre relacionados con la docencia y basados en los materiales empleados para la impartición de nuestras clases prácticas.

En esta nueva etapa se ha iniciado la generación de recursos educativos que vinculen la investigación y la docencia con el fin de facilitar la difusión de los resultados científicos en un formato accesible para cualquier interesado, pero al mismo tiempo que sea un referente de consulta para grupos de investigación que trabajen en este campo.

El primer recurso generado en esta línea está basado en materiales y resultados de investigación sobre oligoquetos (lombrices de tierra) ([http://www.ucm.es/innovacion\\_zoologia/investigacion](http://www.ucm.es/innovacion_zoologia/investigacion)).

## RESULTADOS

Los contenidos del museo virtual de oligochaeta *on line* son de carácter científico, ya que proceden de los resultados de proyectos de investigación, pero están organizados de forma didáctica, de manera que puedan ser consultados tanto por investigadores de todo el mundo como por el público en general.

Este recurso educativo es una fuente de información para la elaboración de tesis doctorales o de otros proyectos de investigación y pueden servir de modelo para la creación de recursos similares aplicados a otros grupos animales. Además pueden ser empleados fácilmente como un recurso educativo por estudiantes tanto universitarios como de enseñanza secundaria.

---

<sup>1</sup> GARCÍA MORENO, A. (2011), Recursos docentes universitarios: un punto de apoyo para los docentes de Ciencias de la Naturaleza. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M. Y BARATAS DÍAZ, A. (eds.) *Investigación y didáctica para las aulas del siglo XXI. Experiencias docentes y estrategias de innovación educativa para la enseñanza de la Biología y la Geología*. Actas del I Congreso de docentes de Ciencias de la naturaleza, Editorial Santillana, 51-58.

GARCÍA MORENO, A., BARRIGA BERNAL, J. C., BUENCUERPO ARCAS, V., CIFUENTES CUENCAS, B., GARCÍA MÁS, I., GÓMEZ FLECHOSO, M.A., MORENO GONZÁLEZ DE EIRIS, E., GONZÁLEZ JAÉN, M.T., LÓPEZ GONZÁLEZ-NIETO, P., HERNÁNDEZ DE MIGUEL, J.M., JIMÉNEZ ORTEGA, V., LAHOZ BELTRÁ, R., LÓPEZ-ACEVEDO CORNEJO, M.V., MUÑOZ ARAUJO, B., ORNOSA GALLEGRO, C., OUTERELO DOMÍNGUEZ, R., REFOYO ROMÁN, P., RUIZ PIÑA, E., TORMO GARRIDO, A. Y VÁZQUEZ MARTÍNEZ, M.A. (2013a), Modelización en 2D y 3D para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en Secundaria y Bachillerato. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., BARATAS, A. Y BRANDI FERNÁNDEZ, A. (eds.), *Actas del II Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza. Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato*, Editorial Santillana, 41-44.

GARCÍA MORENO, A., HERNÁNDEZ DE MIGUEL, J.M., MUÑOZ ARAUJO, B. Y BARRIGA BERNAL, J. C. (2013b). La aplicación del tiff piramidal para la enseñanza de la Biología en Secundaria y Bachillerato. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., BARATAS, A. Y BRANDI FERNÁNDEZ, A. (eds.), *Actas del II Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza. Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato*, Editorial Santillana, 35 – 39.

Para poder entender el mundo de las lombrices de tierra, hay que empezar por conocer la forma en la que se trabaja con ellas y la descripción de su anatomía. Hay que tener en cuenta que son animales que están en todas partes y al alcance de todo el mundo y, por lo tanto, constituyen un material económico y fácil de adquirir que puede ser usado por los profesores como apoyo didáctico para comprender la naturaleza y para criarlos en el laboratorio. Por eso la primera parte contiene información extensa sobre la metodología para trabajar con el grupo. Incluye la metodología del muestreo, la organización de colecciones, la fijación, conservación y recuperación de ejemplares, algunas técnicas microscópicas y un listado de los caracteres que se emplean en el reconocimiento de las especies (*Figura 1*).



*Figura 1.* Metodología de recolección y preparación de lombrices de tierra.

Todo lo relacionado con la identificación de los ejemplares, es decir, conocer la especie a la que pertenecen, se haya incluido en un curso virtual de taxonomía de lombrices de tierra, basado principalmente en la publicación de MORENO *ET AL.* 2004<sup>2</sup>.

Para ello se ha establecido un enlace al curso de taxonomía de Oligoquetos, en el cual se describen las características externas e internas de los animales, resaltando las observaciones que se deben hacer en el campo y las que se realizan en el laboratorio, marcando las variaciones que son relevantes para la identificación. Todo ello acompañado de una extensa iconografía, compuesta por esquemas y fotografías (*Figura 2*).

<sup>2</sup> MORENO, A. G., MISCHIS, C. C. Y TEISAIRE E. (2004). Curso de taxonomía de Oligoquetos. En: MORENO, A. G. *Avances en taxonomía de lombrices de tierra*. CD. Depósito Legal: M-19.478-2004. En: MORENO, A. G. Y BORGES, S. (eds). *Avances en taxonomía de lombrices de tierra*. Madrid, Editorial Complutense y Obra Social Cajamadrid. pp. 411. ISBN 84-7491-753-0. (En español e inglés).

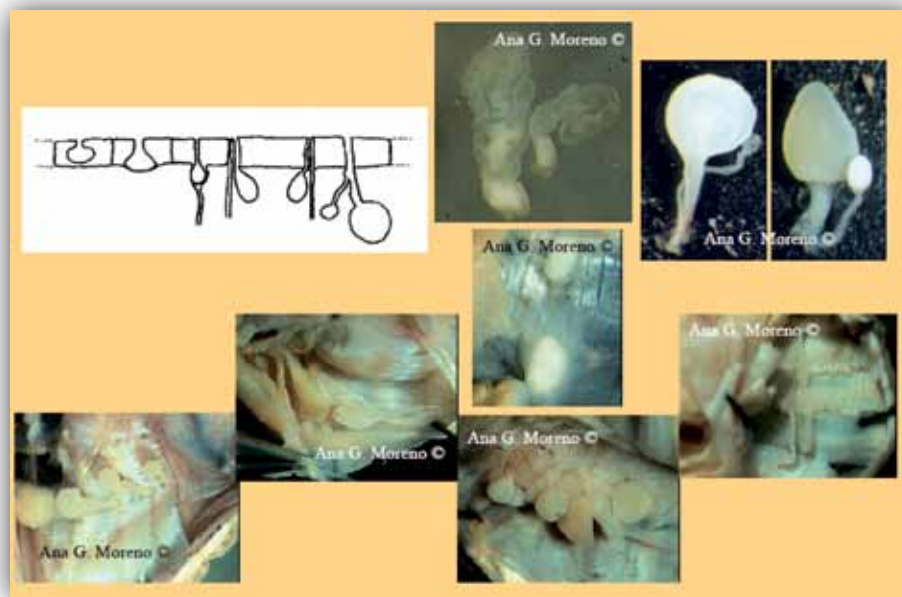


Figura 2. Tipos de espermatecas descritos en el curso de taxonomía, en el apartado de anatomía interna..

Una de las partes más importantes de este material virtual es el catálogo de las lombrices de tierra (Figura 3).

**COMPLUTENSE**  
PROYECTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA

Innovación Zoología

Portada » Investigación » Catálogo

### Catálogo

**Clasificación Annelida Clase Oligochaeta**

**(1/3) Orden Lumbriculida**  
(1/1) Familia Lumbriculidae - 100 especies.

**(2/3) Orden Moniligastrida**  
(1/1) Familia Moniligastridae - 113 especies.

**(3/3) Orden Haplotaxida**  
(1/4) Suborden Haplotaxina  
(1/1) Familia Haplotaxidae - 1 género - 17 especies.

**(2/4) Suborden Tubificina**  
(1/2) Superfamilia Enchytraeoidae  
(1/1) Familia Enchytraeidae  
(2/2) Superfamilia Tubificoidae  
(1/2) Familia Haliidae - 100 especies.  
(2/2) Familia Tubificidae - 100 especies.  
(2/3) Familia Doryctidae - 1 género y 2 especies.  
(4/3) Familia Ophioscolecidae - 3 géneros.  
(3/3) Familia Pseudotubificidae - 24 especies.

**(3/4) Suborden Alluridina**  
(1/1) Superfamilia Allurididae  
(1/2) Familia Alluridae - 4 géneros.  
(2/2) Familia Sagenodrilidae - 1 género y 1 especie.

**(4/4) Suborden Lumbricina (3.000 especies)**  
(Clase para la identificación de las familias)

**(1/2) Superfamilia Clodididae**  
(1/1) Familia Clodidae - 1 especie.

**(2/2) Superfamilia Siwadrilidae**  
(1/1) Familia Siwadrilidae - 1 especie.

**(3/3) Superfamilia Clasoscolocidae**  
(1/4) Familia Almidae - 5 géneros y 40 especies.  
(2/4) Familia Clasoscolocidae - 200 especies.  
(3/4) Familia Merochoeridae - 3 géneros y 24 especies.  
(4/4) Familia Kjerfveidae - 1 género y 12 especies.

Figura 3. Página de inicio del catálogo de las Lombrices de tierra.

Hasta el momento está recogida toda la información hasta el nivel de subfamilia, pero se irá completando sucesivamente hasta alcanzar el nivel de especie. Como complemento, y enlazado dentro del catálogo, se ha incluido unas claves de identificación a nivel de familias, con los caracteres taxonómicos descritos detalladamente. Estos caracteres se ampliarán hasta nivel de especie en el futuro.

De este modo, a partir de los enlaces dispuestos en el catálogo se puede acceder a las fichas diagnósticas de cada una de las familias, en las que se incluyen los caracteres de su anatomía externa e interna, acompañados de numerosas imágenes, algunas de gran aumento y precisión.

Como complemento del catálogo y del curso de taxonomía, se ha incorporado un listado extensivo de las principales referencias bibliográficas actualizadas sobre la materia.

Uno de los objetivos de este material virtual es albergar información sobre la fauna de lombrices de tierra de regiones específicas, sobre todo de aquellas que se conocen con suficiente profundidad, que sirva como modelo y punto de inicio de una base mundial.

La zona seleccionada en primer lugar es la península ibérica. Su base de datos alberga información sobre el listado de las especies presentes en la zona, con sus sinonimias. Para cada especie se ha dispuesto una descripción completa de sus características anatómicas, acompañada de toda la iconografía disponible (Figura 4).

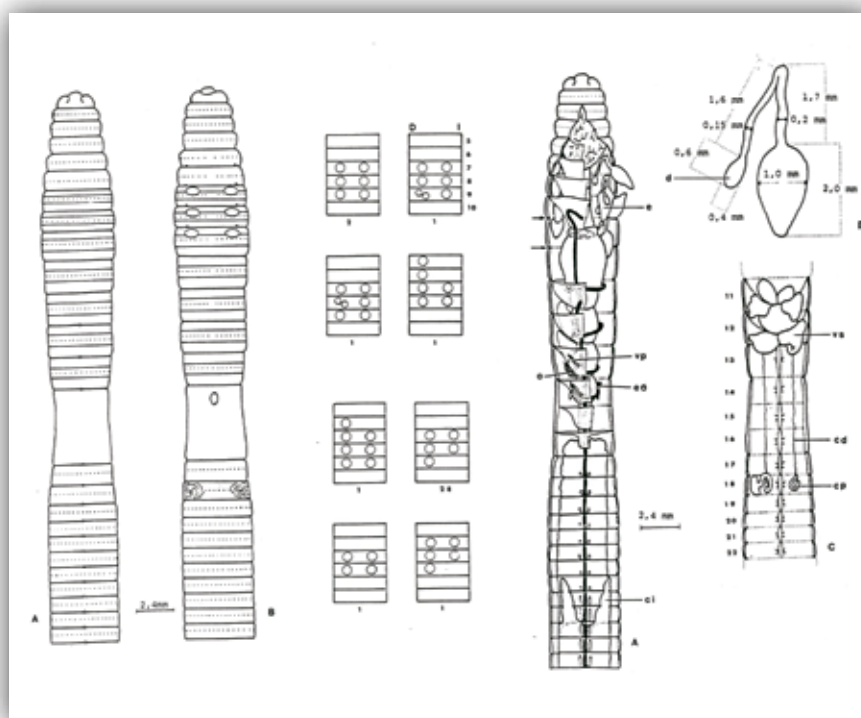


Figura 4. Modelo de la iconografía asociada a la descripción de las especies.

Además de los esquemas, se han incorporado, cuando ha sido factible, el mayor número de fotografías posibles tanto de anatomía externa como interna (Figura 5). Las fotografías han sido rotuladas para ayudar a la comprensión del modelo arquitectónico, sobre todo para las personas no especialistas en este campo.

De este modo, cada elemento del organismo está perfectamente identificado y permite una observación detallada imprescindible para su correcta determinación y descripción taxonómica.

Las imágenes ofrecen la posibilidad de reconocer los caracteres anatómicos externos con gran precisión, así como los caracteres anatómicos internos a través de las disecciones y extracciones de los diferentes elementos de los aparatos y sistemas orgánicos.

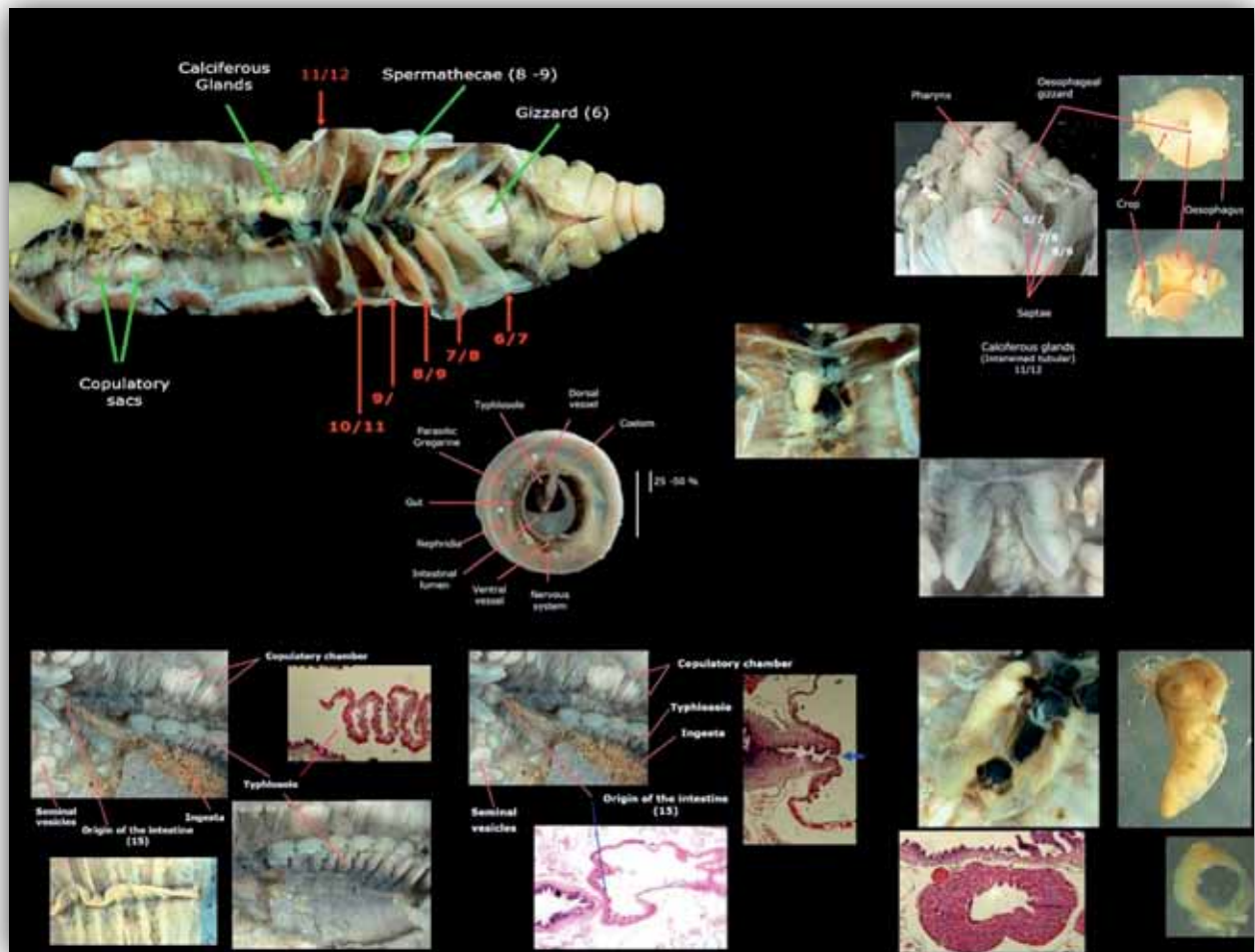


Figura 5. Modelo de descripción mediante imágenes de la anatomía interna de una lombriz de tierra.

Además de lo anteriormente expuesto, se han incluido datos sobre la distribución geográfica de cada una de las especies listadas, indicando las localidades en las que cada especie ha sido recolectada. Esta información se ha tratado de forma específica generando bases de datos de georreferenciación apoyada en Google Earth y en el Banco de Indicadores Ambientales.

Finalmente, se ha añadido una lista exhaustiva de los trabajos científicos sobre taxonomía realizados en la península ibérica y un enlace a los mismos cuando están disponibles a través de Internet.

# DERRIBANDO BARRERAS EN EL APRENDIZAJE: LA INTEGRACIÓN DE LA BIOLOGÍA EN LOS ESTUDIOS DE ENFERMERÍA

Raquel R. Gragera Martínez

*Departamento de Medicina y Especialidades Médicas  
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. UAH  
raquel.gragera@uah.es*

Ángel L. Asenjo Esteve, Francisca Casas Martínez, Cristina Francisco del Rey,  
Crispín Gigante Pérez, Jorge L. Gómez González,

*Departamento de Enfermería y Fisioterapia  
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. UAH*

L. Mauricio Hernández Fernández,

*Departamento de Cirugía y Ciencias Médico-sociales  
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. UAH*

José M.<sup>a</sup> Lozano Maneiro

*Departamento de Filología, Comunicación y Documentación  
Facultad de Artes y Humanidades. UAH  
Carretera Madrid-Barcelona km 33,6. 28871 Alcalá de Henares (Madrid)*

**Palabras clave:** Integración, interdisciplinariedad, trabajo cooperativo, aprendizaje significativo.

**Keywords:** Integration, interdisciplinarity, group work, meaningful learning.

## Resumen

Un modelo pedagógico centrado en el aprendizaje requiere diseñar experiencias formativas específicas. En el Grado de Enfermería los contenidos de Biología se interrelacionan con los de otras disciplinas, permitiendo que la adquisición de contenidos sea más firme, su retención perdure y su recuperación sea más sencilla. El grupo de Innovación Docente de la UAH, Aprendizaje Sin Fronteras en el Grado de Enfermería, constituido por profesores de diferentes áreas, desarrolla distintos proyectos de aprendizaje activo, cooperativo y situado, como las Tutorías Integradas, la elaboración de documentales y el desarrollo de módulos de aprendizaje interdisciplinar, acciones que se adscriben al paradigma constructivista.



### Abstract

A pedagogical model focused on learning required to design specific formative experiences. In the Nursing Degree the contents of Biology are interrelated with the other disciplines, allowing that the acquisition of content were more robust, endures in their retention and their recovery were easier. Our UAH Innovation Group, *learning without limits in the nursing degree*, with teachers from different areas, develops various active, cooperative and located learning projects, as Integrated Tutorials, the elaboration of documentaries and the development of interdisciplinary learning modules, actions that are assigned to the constructivist paradigm.

### INTRODUCCIÓN

Uno de los acontecimientos más importantes de las últimas décadas en el sistema universitario es la implantación de los nuevos grados en el proceso de convergencia hacia el Espacio Europeo de Educación Superior. Entre las modificaciones más relevantes introducidas en los planes de estudio de los nuevos grados se encuentra el enfoque pedagógico basado en la adquisición de competencias, centrado más en el aprendizaje que en la enseñanza, lo que exige importantes cambios pedagógicos y didácticos que implican a todos los agentes de la comunidad universitaria.

Son abundantes las definiciones del concepto «competencia», históricamente circunscritas al medio laboral, pero todas destacan su carácter dinámico. Entre ellas destacamos la formulada por Troncoso y Hawes<sup>1</sup>, para quienes competencia es: «Saber actuar de manera pertinente en contextos, enfrentando problemas propios de la profesión con claros criterios de calidad, seleccionando y movilizandolos recursos personales, de redes y de contexto, estando en condiciones de dar razón (científica, tecnológica, ética, política, económica, etc.) argumentada de las decisiones adoptadas y haciéndose cargo de los resultados de las mismas».

Las competencias, para desarrollarse y manifestarse, precisan de la acción, por lo que el proceso de enseñanza-aprendizaje debe procurar a los alumnos conocimientos, habilidades, actitudes y valores que les capaciten para la resolución de problemas complejos, tanto de forma individual como formando parte de equipos heterogéneos; situaciones similares a las que encontrarán en su práctica profesional. Es lo que Schön<sup>2</sup>, Dewey<sup>3</sup> o Margalef et al.<sup>4</sup> denominan *práctica reflexiva*.

Si competencia es sinónimo de acción, su consecución no puede sostenerse en objetivos, contenidos, procedimientos de aprendizaje y de evaluación que fomenten exclusivamente la adquisición pasiva de conocimientos, requiriendo, por el contrario, ofrecer al alumno distintos objetivos, temas, métodos docentes y de evaluación adaptados a los diferentes elementos competenciales.

Un enfoque pedagógico por competencias promueve una formación integral del alumnado, aunando formación ciudadana con conocimientos especializados propios del campo de estudio. Asimismo, abre la puerta a la interdisciplinariedad al reconocer que es prácticamente imposible alcanzar una determinada competencia a partir de una única materia compartimentalizada y sin relación con otras del mismo plan

<sup>1</sup> TRONCOSO, K. Y HAWES, G. (2007). *Esquema general para los procesos de transformación curricular en el marco de las profesiones universitarias*. Santiago, Dirección de Pregrado, Vicerrectoría de Asuntos Académicos, Universidad de Chile.

<sup>2</sup> SCHÖN, D. (1987). *Educating the Reflective Practitioner: toward a New Design for Teaching and learning in the Professions*. San Francisco, Jossey-Bass.

<sup>3</sup> DEWEY, J. (1989). *Cómo pensamos. Nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*, Barcelona, Paidós.

<sup>4</sup> MARGALEF, L., CANABAL, C. E., IBORRA, A. (2006). Transformar la docencia universitaria: una propuesta de desarrollo profesional basada en estrategias reflexivas, *Perspectiva Educativa*, n.º 48, pp. 73-89.

de estudios. A través de este modelo integrador, se favorece la adquisición de competencias desde cada materia y la aportación de situaciones complejas que implican movilizar contenidos pertenecientes a diversas disciplinas, superando así las limitaciones de un modelo curricular fragmentado, como postulan Moya y Luengo<sup>5</sup>. Según AUSUBEL ET AL.<sup>6</sup>, favorece en el estudiante el establecimiento de conexiones intencionales entre sus conocimientos previos y la nueva información que se le ofrece o que descubre, aprendiendo así de manera significativa. El aprendizaje significativo permite que la adquisición de contenidos sea más firme y rápida, su retención perdure y su recuperación sea más sencilla.

Lograr aprendizajes significativos requiere diseñar experiencias formativas que permitan establecer conexiones entre los nuevos contenidos y los conocimientos previos. Además, los continuos cambios sociales y tecnológicos obligan a rediseñar los perfiles profesionales y, como consecuencia de ello, obliga a los docentes no solo a redefinir las estrategias metodológicas, en su parcelada tarea de enseñar unos conocimientos o desarrollar unas determinadas habilidades en los estudiantes, sino también, como postulan Cameán et al.<sup>7</sup>, Mateo<sup>8</sup> y Millán<sup>9</sup>, a analizar los procedimientos de evaluación y los criterios de calificación, a analizar los modelos más adecuados para gestionar los procesos de aprendizaje, para valorar el grado de aprendizaje de los discentes y asegurar el éxito en el encuentro futuro entre los estudiantes y su ámbito profesional, como defienden De la Mano y Mora<sup>10</sup>.

La biología es una materia básica del plan de estudios de Enfermería que, en la Universidad de Alcalá, se imparte dentro de la asignatura anual Anatomía y Biología Humana, con 12 créditos ECTS, de los que le corresponden cuatro. El grupo de Innovación Docente de la UAH, Aprendizaje sin fronteras en el Grado de Enfermería, constituido por profesores de diferentes áreas (biología, fisiología, bioquímica, anatomía, psicología, sociología, enfermería, fisiopatología, estadística, comunicación audiovisual), desarrolla desde hace cinco años diferentes proyectos para mejorar el aprendizaje desde el primer curso del Grado. Entre estos proyectos se encuentran la actividad denominada «Tutorías Integradas», la elaboración de materiales audiovisuales para la docencia y la organización de módulos interdisciplinares de aprendizaje.

Todas estas actividades se adscriben al paradigma constructivista, con aspectos relacionados tanto con las tradiciones cognitivas como socioculturales de esta corriente pedagógica. En términos muy generales, el constructivismo, en oposición al clásico enfoque conductista, defiende que el conocimiento y el significado se adquieren a través de la experiencia y, por tanto, el estudiante debe convertirse en un buscador y procesador activo de la información. Se pretende que el estudiante adopte una actitud de búsqueda activa del conocimiento y el profesor cumpla fundamentalmente un papel de guía y facilitador.

## LAS TUTORÍAS INTEGRADAS

La actividad «Tutorías Integradas» se basa en el principio de intervención educativa de ayudar al estudiante a «aprender a aprender», que persigue desarrollar en él competencias genéricas o transversales (capacidad de análisis y síntesis, de exposición, de búsqueda de información, de trabajo en grupo, etc.)

<sup>5</sup> MOYA, J. Y LUENGO, F. (2011). *Teoría y práctica de las Competencias Básicas*. Barcelona, Graó.

<sup>6</sup> AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D. Y HANESIAN, H. (1983). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognitivo*. México, Trillas.

<sup>7</sup> CAMEÁN, A. M., MORENO, I., DEL PASO, A., MATE, B., SALGUERO, M., REPETTO, M. Y REPETTO, G. (2001). Aprendiendo Toxicología en Internet. *Revista de Enseñanza Universitaria*, n.º 18, pp. 33-45.

<sup>8</sup> MATEO, J. (2011). Evaluación por competencias en la universidad: las competencias transversales. *Presentación, Cuadernos de Docencia Universitaria*. ICE y Editorial Octaedro, Universitat de Barcelona, pp. 5-8.

<sup>9</sup> MILLÁN, J. (2005). Claves para una enseñanza de calidad. *Educación Médica*, n.º 8(3), pp. 132-136.

<sup>10</sup> DE LA MANO, M. Y MORA, M. (2009). La evaluación por competencias: propuesta de un sistema de medida para el grado en Información y Documentación. *BiD: textos universitaris de biblioteconomia i documentació*, diciembre, n.º 23.

que le permitan acceder a futuros aprendizajes de forma autónoma, convirtiéndose en protagonista; y otras específicas relacionadas con las materias que componen el plan formativo del curso, materias consideradas básicas que proporcionan la estructura cognitiva y el sustento sobre el que determinar la justificación de las diferentes decisiones e intervenciones propias de las enfermería aplicadas. Pero también, a través de la interacción en los grupos y con la comunidad de alumnos y profesores, se intenta el desarrollo de valores relacionados con la formación integral de las personas y, muy especialmente, de los universitarios, como la capacidad de dialogar y discutir o el cuestionamiento permanentemente del conocimiento.

Las «Tutorías Integradas» son una actividad grupal, obligatoria y anual, en la que, desde una situación de partida, los alumnos trabajan objetivos de las diferentes materias en pequeños grupos y de forma secuenciada. Cada grupo, de aproximadamente diez componentes, tutorizado por un profesor de cualquiera de las asignaturas del curso, elabora durante cada semestre un trabajo único e integrado, que posteriormente presentará y defenderá ante sus compañeros y profesores. Según MARCHESI Y MARTÍN<sup>11</sup> y JOHNSON ET AL.,<sup>12,13</sup> se trata de un tipo de *aprendizaje cooperativo por mediación*.

Las situaciones iniciales (*Tabla 1*) que se ofrecen a cada uno de los grupos (nos resistimos en el primer curso y semestre a definir las como problemas), intentan recoger contextos reales en los que las futuras enfermeras puedan desarrollar su actividad (*aprendizaje situado*). Por la propia organización del plan de estudios, en el primer semestre se profundiza en aspectos relacionados con la estructura y el funcionamiento biopsicosocial de las personas en su entorno, para comenzar a estudiar condiciones patológicas y de intervención enfermera, que se derivan del mismo caso, durante el segundo.

En las diferentes sesiones grupales (unas con asistencia del tutor y otras no), los estudiantes trabajan los objetivos (*Tabla 1*) que se les van proporcionando a partir de la situación de partida y que, en principio, guardan relación con las distintas materias que se abordan en cada semestre (Ciencias Psicosociales Aplicadas y Comunicación, Anatomía, Biología, Bioquímica y Fisiología en el primero, y en el segundo se mantienen Anatomía y Biología y se añaden Fisiopatología, Fundamentos de Enfermería, Estadística y Búsqueda y Gestión de la Información). Se les solicita que profundicen en cada uno de los objetivos, para posteriormente sintetizar las partes analizadas de forma separada, constituyendo una estructura integrada.

Mediante la dinámica grupal se pretende que, tal y como señalan JOHNSON ET AL.<sup>14,15</sup>, los estudiantes desarrollen lazos de interdependencia positiva (reconociendo la necesidad del trabajo asociativo, repartiendo los distintos roles o distribuyendo las tareas) y fomenten relaciones interpersonales de ayuda mutua y de intercambio de experiencias, construyendo el conocimiento a través de la interacción con los demás y llegando más allá de lo que lo podría hacer de forma individual. También aquí puede cumplirse la máxima de la teoría de Sistemas de que «el todo es mucho más que la suma de sus partes».

Por supuesto que, como en todo grupo humano, pueden producirse fricciones y colisiones de intereses entre sus miembros. La labor mediadora del tutor, más allá de sus conocimientos científicos, es aquí esencial para una eficaz gestión de los conflictos. Muchos estudiantes, tal vez por experiencias anteriores, no son partidarios del trabajo cooperativo, ya que entienden que algunos de ellos obtie-

<sup>11</sup> MARCHESI, A. Y MARTÍN, E. (1998). *Calidad de la enseñanza en tiempos de cambio*. Madrid, Alianza.

<sup>12</sup> JOHNSON, D.W., JOHNSON, R. Y HOLUBEC, E. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Barcelona, Paidós Educador.

<sup>13</sup> JOHNSON, D.W., JOHNSON, R. Y STANNE, M. B. (2000). *Cooperative learning methods: a Meta-analysis*, Minneapolis, MN, University of Minnesota.

<sup>14</sup> JOHNSON ET AL., *op. cit.*, (1999), pp. 394.

<sup>15</sup> JOHNSON ET AL., *op. cit.*, (2000), pp. 394.

nen del resultado grupal un beneficio mucho mayor que el que le correspondería por su grado de implicación y trabajo. La tercera condición que señalaban los autores anteriores, y que constituye una clave de gran trascendencia para conseguir una cooperación eficiente, es considerar la responsabilidad individual e impedir que esta se diluya en el esfuerzo colectivo.

	Primer Semestre	Segundo Semestre
<b>Situación</b>	Marcos tiene 4 años. Su profesora comenta a los padres que no le gusta utilizar lápices de colores y cada vez participa menos en los juegos.	Marcos se duerme en el aula y disminuye la capacidad de memorizar la letra de canciones sencillas, aunque parece reconocer los colores. Los padres están nerviosos y su relación se deteriora.
<b>Objetivo 1</b>	Describir el rol parental y los procesos familiares.	Describir la metodología de búsqueda de información, especialmente en base de datos.
<b>Objetivo 2</b>	Describir la estructura macroscópica del globo ocular.	Describir la anatomía macroscópica del nervio óptico y sus relaciones.
<b>Objetivo 3</b>	Describir la citoarquitectura y la estructura histológica del globo ocular.	Describir la estructura y ultraestructura de las células de la glía central.
<b>Objetivo 4</b>	Describir las transformaciones del mensaje eléctrico en su conducción por los elementos neurales de la retina.	Identificar los principales factores etiológicos y predisponentes de la entidad nosológica que sugiere el caso.
<b>Objetivo 5</b>	Describir el papel de la activación de los receptores sensoriales y la química de la visión.	Organizar la información de Marcos y los padres agrupando los datos según los Factores Básicos Condicionantes y enunciar un diagnóstico enfermero.

Tabla 1. Tutorías Integradas. Ejemplo de situaciones de partida y objetivos.

Para ello, durante las sesiones de grupo, el tutor evalúa de forma continuada y a través de rúbricas (Tabla 2) la forma en que cada estudiante va adquiriendo diversas competencias conceptuales (participación, capacidad para integrar contenidos, fiabilidad), actitudinales (actitud positiva hacia la tarea, capacidad de coordinación y apoyo a los compañeros, respeto) y de dinámica grupal (compromiso, iniciativa y liderazgo). Esta matriz de valoración cumple los tres criterios propuestos por DE LA MANO Y MORA<sup>16</sup>: es objetiva, de sencilla comprensión tanto para los docentes que las aplican como para los estudiantes que son evaluados, y resulta de muy fácil evaluación. Cada criterio se califica mediante letras (mayor valor la A, menor valor la E), transformándose posteriormente a valores numéricos mediante una tabla de conversión.

Por lo general, el tutor mantiene la actividad con el grupo en el segundo semestre, lo que permite llevar un seguimiento de la evolución de cada estudiante. Asimismo, se fomenta la participación de los miembros del grupo en el proceso de evaluación mediante la elaboración de formularios de *autoevaluación* y de *coevaluación*, que sirven de apoyo al tutor. Al finalizar el semestre, el tutor comunica a cada estudiante el resultado de su desempeño, los aspectos en los que destaca y aquellos que conviene reforzar.

Tras la presentación de los trabajos grupales, estos son evaluados por los responsables de las distintas asignaturas teniendo en cuenta el grado de desarrollo de los objetivos, la integración de contenidos y los elementos relacionados con la edición del trabajo (presentación, semántica, sintaxis, bibliografía, etc.). Una

<sup>16</sup> DE LA MANO Y MORA, *op. cit.*, pp. 393.

vez calificados, se remite a cada grupo un informe unificado con los aspectos que deben ser considerados para la presentación pública, y evitar que se trasladen posibles errores o incorrecciones.

	Criterios de evaluación		Calificación
Competencias actitudinales	Actitud positiva	Crea en el grupo un ambiente positivo que aumenta la motivación hacia la tarea.	A: Excelente B: Bueno C: Medio D: Bajo E: Muy bajo
	Coordinación y apoyo	Favorece la cooperación y coordinación entre los miembros del grupo. Ayuda a los compañeros que lo requieren.	
	Respeto	Escucha atentamente a los demás. Es tolerante y respetuoso. Sabe dar y recibir críticas. Acepta las normas de funcionamiento del grupo.	
Competencias de dinámica grupal	Compromiso	Acepta y cumple las tareas asignadas durante las sesiones grupales. Asiste a las sesiones con el material analizado para avanzar satisfactoriamente en las discusiones.	
	Iniciativa	Propone iniciativas que mejoran el rendimiento y el funcionamiento del grupo, incluyendo propuestas para la resolución de conflictos.	
	Liderazgo	Gestiona, convoca, promueve e incentiva la dinámica grupal.	
Competencias conceptuales	Participación	Interviene en los debates del grupo planteando ideas lógicas y argumentadas. Realiza preguntas que facilitan una mejor comprensión de los conceptos.	
	Integración de contenidos	Ayuda al grupo a relacionar e integrar los contenidos de los distintos materiales trabajados. Se esfuerza en llegar a conclusiones.	
	Fiabilidad	Utiliza fuentes y recursos fiables para la búsqueda de la información.	

Tabla 2. Criterios de evaluación en la acción tutorial.

La presentación y defensa de los trabajos se realiza durante varias jornadas en el aula, ante todos sus compañeros (la asistencia a las sesiones es obligatoria y los materiales presentados se incorporan a los contenidos evaluables de las distintas asignaturas) y ante un grupo de profesores seleccionado entre los tutores.

Durante veinte minutos, cada grupo realiza un resumen del trabajo. El orden de intervención lo marca el profesor coordinador de la sesión inmediatamente antes de dar comienzo a la exposición, por lo que ningún estudiante conoce previamente qué parte del trabajo va a presentar, evitando la parcelación en la preparación del mismo. Al finalizar la intervención, los profesores realizan preguntas a los miembros del grupo y, posteriormente, reciben las preguntas de sus propios compañeros. Todos los estudiantes están obligados a realizar al menos una pregunta durante las jornadas, con objeto de mantener la atención y el interés durante las exposiciones. Tanto la ausencia de preguntas como la inasistencia a las sesiones son penalizadas en la calificación final.

Algunos estudiantes presentan resistencia a hablar en público y evitan realizar preguntas a sus compañeros en aras de un malentendido compañerismo. Con respecto a la primera cuestión, de un semestre a otro se evidencia en los alumnos una gran mejora en la capacidad de comunicación y en la seguridad con la que abordan las exposiciones. En cuanto a las preguntas, es importante desechar las banales o las previamente pactadas.

Al finalizar cada sesión, el grupo de profesores se retira a calificar la actuación de grupo y la individual de cada estudiante. Se califica también mediante letras (valores de la A a la E) y se considera para la exposición del grupo los criterios de síntesis, estructura y originalidad de la presentación, y para calificar a cada estudiante se juzgan el dominio de contenidos, la capacidad de comunicación y la forma en que responde a las preguntas de profesores y estudiantes. Los resultados obtenidos se convierten en valores numéricos.

La calificación final que el estudiante obtiene en la actividad «Tutorías Integradas» se obtiene de la ponderación de las calificaciones resultado de la acción tutorial (30%), el contenido del trabajo (40%) y la presentación y defensa (30%). Su repercusión en la calificación de las distintas asignaturas varía entre un 10 y un 20%, aunque existe una tendencia a darle cada vez mayor trascendencia y a transmitir a los estudiantes la importancia en su futuro profesional de la adquisición de todas las competencias, tanto genéricas como específicas.

Al finalizar cada semestre, desde el curso 2011-2012 al 2013-2014, se realizó una encuesta de satisfacción de los estudiantes con la actividad, analizándose no solo la valoración de la misma sino cómo los estudiantes evalúan la consecución de las diferentes competencias trabajadas (Figuras 1 y 2). La participación de los estudiantes en las encuestas fue siempre superior al 90%. Entre las conclusiones que podemos destacar de las mismas, sobresale el alto grado de satisfacción con la actividad, el elevado porcentaje de alumnos que reconoce que la actividad les ha ayudado a integrar contenidos de las distintas materias, objetivo fundamental de la misma, y les ha permitido alcanzar competencias transversales.

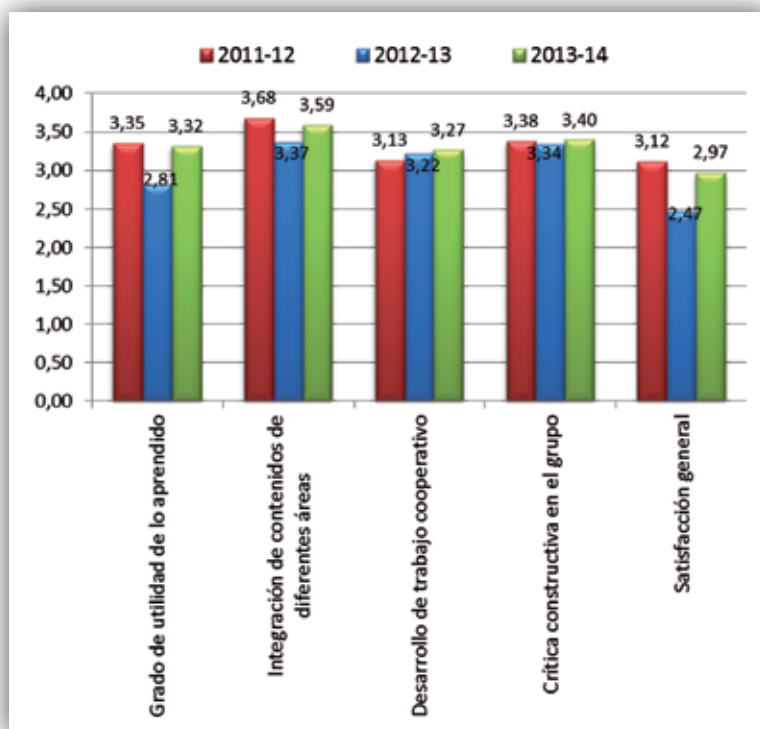


Figura 1. Algunos de los aspectos de la actividad de «Tutorías Integradas» valorados por los estudiantes a lo largo de tres cursos académicos (valoración de acuerdo a una escala de Likert de 1 a 4, donde 1 representa un fuerte desacuerdo y 4 una opinión totalmente de acuerdo).

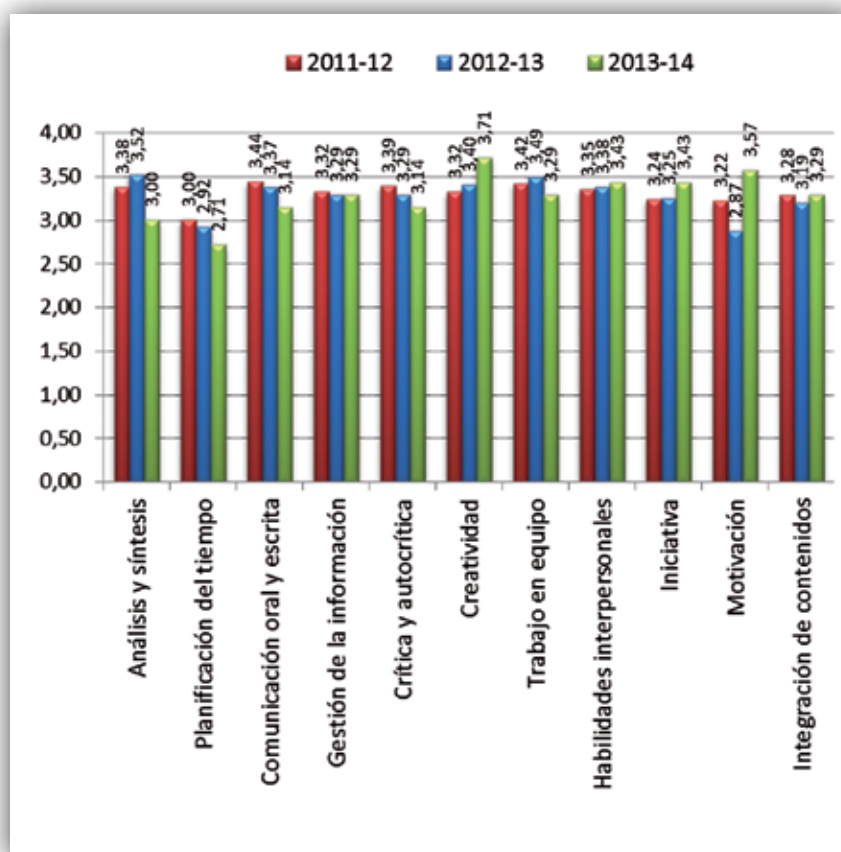


Figura 2. Opinión de los estudiantes acerca del grado de consecución de las diferentes competencias con las «Tutorías Integradas» a lo largo de tres cursos académicos (valoración de acuerdo a una escala de Likert de 1 a 4, donde 1 representa un fuerte desacuerdo y 4 una opinión totalmente de acuerdo).

Las actividades de integración de contenidos entre distintas disciplinas o asignaturas continúan en el resto de los cursos del plan de estudios, adoptando la forma de «Tutorías Integradas» u otras diferentes. Disponemos de las opiniones de dos promociones de estudiantes que han finalizado ya el Grado y que destacan de entre los aspectos positivos de la actividad que esta les proporciona un modelo sistematizado de análisis de un problema y de construcción de nuevo conocimiento, que les estimula para la búsqueda autónoma de información y para la comunicación con personas y grupos pertenecientes o no a la profesión enfermera, que les ayuda a afrontar el trabajo cooperativo con nuevos equipos y que les dota de seguridad para la exposición de trabajos ante auditorios y tribunales (teniendo muy recientes las presentaciones de sus Trabajos Fin de Grado). Muchos de estos aspectos también son resaltados por los responsables de las unidades y centros en los que los estudiantes realizan sus prácticas clínicas y comunitarias, y les atribuyen un carácter diferencial marcadamente positivo sobre los estudiantes que cursaban los anteriores estudios de diplomatura. Los aspectos menos positivos hacían siempre referencia a la carga horaria de trabajo y a las dificultades del trabajo en equipo.

Pero no son solo los estudiantes quienes aprenden de esta actividad. También para los docentes de las distintas materias supone una intensa experiencia de aprendizaje, al haber tenido la oportunidad de aumentar la relación, compartir actividades e integrar objetivos, conocimientos, inquietudes, contradicciones e intereses. Supone una nueva cultura de trabajo en equipo y un clima de confianza mutua que no éramos capaces de percibir con la enseñanza tradicional, más anclada en el individualismo. Además, tenemos una cierta sensación de logro, sensación reforzada por la concesión a esta actividad del V Premio a la Innovación Docente en nuestra Universidad.

## OTRAS EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE INTEGRADO

A partir de la experiencia de «Tutorías Integradas» en la que se han ido introduciendo novedades año a año, fruto de los análisis realizados y de las aportaciones y sugerencias de profesores y estudiantes, hasta llegar a la versión que presentamos (y en la que indudablemente habrá que introducir mejoras para el curso siguiente), los profesores del Grupo de Innovación nos planteamos que si podíamos exigir a los estudiantes que estableciesen conexiones entre los contenidos de las distintas materias, debíamos realizar nosotros mismos ese ejercicio. Para ello elegimos la elaboración de materiales audiovisuales que apoyen este tipo de docencia (incorporándose al mismo un profesor del área de Comunicación Audiovisual) y la organización de experiencias de aprendizaje multidisciplinar mediante módulos.

Para la primera actividad se eligió elaborar un documental interdisciplinar sobre la memoria (de una hora de duración), al que acompaña un cuadernillo didáctico con actividades para el aula, y sobre el que podrán encontrar más información en otra de las publicaciones. El proceso de realización, en el que colaboraron alumnos, profesores de varias universidades, así como profesionales de distintos ámbitos se extendió durante un año y se llevó a cabo en tres fases: preproducción (documentación, guion, planificación de rodaje), realización (plan de rodaje, rodaje, animación y sonorización) y postproducción (edición, *screening*, revisión y estreno). Este proyecto de innovación contó con financiación de la Universidad de Alcalá (cód. UAH/EV565) y recibió el VI Premio de Innovación Docente de la misma.

Este documental se ha proyectado a alumnos de distintos cursos, recabando posteriormente sus opiniones. Entre ellas destacan como valor importante que el material docente haya sido elaborado por sus profesores, su participación en el mismo, y la novedad del instrumento docente, capaz de suscitar nuevas inquietudes y complementar la formación académica. En la actualidad se utiliza como material académico en las distintas asignaturas de primer curso. Tras la positiva experiencia, el Grupo ASFE se encuentra en fase de preproducción de un nuevo documental.

Durante el último curso académico se han organizado tres módulos de aprendizaje interdisciplinar en los que se han concentrado actividades relacionadas con los temas a estudio: la memoria, el placer y la alimentación. Durante dos días en cada módulo las distintas materias han preparado acciones vinculadas al tema elegido: explicaciones teóricas; visionado de documentales; observación de preparaciones histológicas y construcción de maquetas anatómico-histológicas; entrevistas a personas relacionadas con el cuidado a pacientes de Alzheimer; personas que han padecido anorexia o la bulimia, o personas que han sentido el placer de ser cuidadas durante el transcurso de un cáncer de mama; prácticas de Bioquímica o Fisiología; sesiones de relajación con música; competiciones por grupos, etc. En todas estas actividades docentes se ha contado con la activa participación de los estudiantes, cuestión que ha sido especialmente considerada por estos en las encuestas de satisfacción. Debido a la alta valoración obtenida por esta actividad entre estudiantes y profesores, el curso próximo la ampliaremos con nuevos módulos.

## BIBLIOGRAFÍA

- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D. Y HANESIAN, H. (1983). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognitivo*. México, Trillas.
- CAMEÁN, A. M., MORENO, I., DEL PASO, A., MATE, B., SALGUERO, M., REPETTO, M. Y REPETTO, G. (2001). Aprendiendo Toxicología en Internet. *Revista de Enseñanza Universitaria*, nº18, pág. 33-45.
- DE LA MANO, M. Y MORA, M. (2009). La evaluación por competencias: propuesta de un sistema de medida para el grado en Información y Documentación. *BiD: textos universitaris de biblioteconomia i documentació*, diciembre, nº 23.
- DEWEY, J. (1989). *Cómo pensamos. Nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*. Barcelona, Paidós.
- JOHNSON, D. W., JOHNSON, R. Y HOLUBEC, E. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Barcelona, Paidós Educador.
- JOHNSON, D. W., JOHNSON, R. Y STANNE, M. B. (2000). *Cooperative learning methods: a Meta-analysis*, Minneapolis, MN, University of Minnesota.



- MARCHESI, A. Y MARTÍN, E. (1998), *Calidad de la enseñanza en tiempos de cambio*. Madrid: Alianza.
- MARGALEF, L., CANABAL, C. E IBORRA, A. (2006). Transformar la docencia universitaria: una propuesta de desarrollo profesional basada en estrategias reflexivas. *Perspectiva Educativa*, n° 48, pp 73-89.
- MATEO, J. (2011). Evaluación por competencias en la universidad: las competencias transversales. Presentación, *Cuadernos de Docencia Universitaria*. ICE y Editorial Octaedro, Universitat de Barcelona, pp 5-8.
- MILLÁN, J. (2005). Claves para una enseñanza de calidad. *Educación Médica*, n.º 8(3), pp 132-136.
- MOYA, J. Y LUENGO, F. (2011). *Teoría y práctica de las Competencias Básicas*, Barcelona, Graó.
- SCHÖN, D. (1987). *Educating the Reflective Practitioner: toward a New Design for Teaching and learning in the Professions*. San Francisco, Jossey-Bass.
- TRONCOSO, K. Y HAWES, G. (2007). *Esquema general para los procesos de transformación curricular en el marco de las profesiones universitarias*. Santiago, Dirección de Pregrado, Vicerrectoría de Asuntos Académicos, Universidad de Chile.

# LA ELABORACIÓN DE UN DOCUMENTAL PARA LA INTEGRACIÓN DE LA BIOLOGÍA EN LOS ESTUDIOS DE ENFERMERÍA

Raquel R. Gragera Martínez

*Departamento de Medicina y Especialidades Médicas  
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. UAH  
raquel.gragera@uah.es*

Ángel L. Asenjo Esteve, Francisca Casas Martínez, Cristina Francisco del Rey,  
Crispín Gigante Pérez, Jorge L. Gómez González

*Departamento de Enfermería y Fisioterapia  
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. UAH*

L. Mauricio Hernández Fernández

*Departamento de Cirugía y Ciencias Médico-sociales  
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. UAH*

José M.<sup>a</sup> Lozano Maneiro

*Departamento de Filología, Comunicación y Documentación  
Facultad de Artes y Humanidades. UAH  
Carretera Madrid-Barcelona km 33,6. 28871 Alcalá de Henares (Madrid)*

**Palabras clave:** Material audiovisual, integración, interdisciplinariedad, trabajo en equipo, aprendizaje significativo.

**Keywords:** Audiovisual material, integration, multidisciplinary, group work, meaningful learning.

## Resumen

Para lograr un aprendizaje significativo es preciso establecer conexiones entre los nuevos contenidos y los conocimientos previos, así como interrelacionarlos con los de otras disciplinas y cursos del programa curricular, lo que exige diseñar estrategias y materiales docentes específicos. La elaboración de un documental interdisciplinar sobre la memoria, al que acompaña un cuadernillo didáctico con actividades para el aula, persigue fomentar el aprendizaje autónomo, reforzando el protagonismo del estudiante en su propio proceso formativo, pudiendo ser además utilizado como instrumento de divulgación científica.

Este material proporciona un aprendizaje participativo, promueve la reflexión, cuestiona el conocimiento y forma profesionales críticos.

### Abstract

To achieve meaningful learning it is necessary to establish connections between new contents and prior knowledge, as well as to interrelate them with those belonging to the other disciplines and courses of the curriculum, which requires designing both strategies both specific educational materials. The development of an interdisciplinary documentary about memory, which accompanies an educational activity booklet for the classroom, seeks to encourage independent learning, strengthening the role of the students in their own learning process, being also used as a scientific communication instrument. This material provides participatory learning, promotes the reflection, questions the knowledge and forms critical professionals.

### INTRODUCCIÓN

Un innovador enfoque pedagógico basado en la adquisición de competencias requiere de un modelo integrador que reconozca la interdisciplinariedad como base del aprendizaje significativo, aquel en el que de una forma activa el estudiante sea capaz de establecer conexiones intencionadas entre los conocimientos que ya posee y aquellos que le son ofrecidos o va descubriendo (AUSUBEL ET AL.)<sup>1</sup>.

En este proceso de construcción de nuevo conocimiento, en el que se reserva al estudiante un papel activo y protagonista de su propio aprendizaje, el profesorado tiene una función de guía y facilitador, incluyendo la elaboración de materiales docentes que promuevan este tipo de aprendizaje, utilizando las herramientas técnicas, científicas y metodológicas a su alcance.

La actual docencia universitaria se desarrolla en el seno de la sociedad de la información, una sociedad en la que las Tecnologías de la Información y Comunicación influyen significativamente en la forma de acceso y presentación de la misma, afectando, según PISCITELLI<sup>2</sup>, a los valores, las identidades, las formas de trabajar, de pensar y de sentir. Como apuntan CAMEÁN ET AL.<sup>3</sup>, CORNET CALVERAS<sup>4</sup>, FERNÁNDEZ<sup>5</sup>, MATEO<sup>6</sup> y MILLÁN<sup>7</sup>, todo ello obliga a rediseñar los perfiles profesionales y, por tanto, estimula a los docentes a redefinir también las estrategias y las metodologías que se aplican durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

<sup>1</sup> AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D. Y HANESIAN, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. Nueva York, Holt.

<sup>2</sup> PISCITELLI, A. (1995). *Ciberculturas, en la era de las máquinas inteligentes*. Buenos Aires, Paidós.

<sup>3</sup> CAMEÁN, A. M., MORENO, I., PASO, A., MATE, B., SALGUERO, M., REPETTO, M. Y REPETTO, G. (2001). Aprendiendo Toxicología en Internet, *Revista de Enseñanza Universitaria*, n.º 18, pp. 33-45.

<sup>4</sup> CORNET CALVERAS, A. (2005). Nuevos planteamientos didácticos: ¿Al innovar en docencia, mejoramos el aprendizaje?, *Educación Médica*, n.º 8(S1), pp. 18.

<sup>5</sup> FERNÁNDEZ, A. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio siglo XXI*, n.º24, pp. 35-56.

<sup>6</sup> MATEO, J. (2005). Los nuevos retos de la Educación Superior. *Educación Médica*, n.º 8(S1), pp. 20.

<sup>7</sup> MILLÁN, J. (2005). Claves para una enseñanza de calidad. *Educación Médica*. n.º 8(S3), pp. 132-136.

<sup>8</sup> ÁLVAREZ, J. M. (1991). *El futuro del audiovisual en España*. Madrid, Fundesco.

<sup>9</sup> AMARAL, S.F. ET AL. (2004). Serviço de apoio a distância ao professor em sala de aula pela tv digital interativa. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Campinas, n.º1 (2), pp. 53-70.

<sup>10</sup> ARIMANY, L., BRAVO, J. L. Y SÁNCHEZ, M. J. (1992). Experiencia de la aplicación de los medios audiovisuales en la enseñanza de la Estadística. En Actas de las jornadas: *La innovación "emergente" como medio de mejora de la calidad de enseñanza en la ingeniería*. Madrid, ICE de la Universidad Politécnica, pp. 179-187.

El vídeo o el cine documental se cuentan entre las herramientas útiles para promover un aprendizaje significativo (ÁLVAREZ,<sup>8</sup> AMARAL ET AL.,<sup>9</sup> ARIMANY ET AL.,<sup>10</sup> BARATO,<sup>11</sup> BARTOLOMÉ,<sup>12</sup> BRAVO,<sup>13, 14</sup> CABERO,<sup>15, 16, 17, 18, 19</sup> CEBRIÁN HERREROS,<sup>20</sup> CEBRIÁN DE LA SERNA,<sup>21</sup> DE PABLOS,<sup>22</sup> FERRES,<sup>23</sup> MALLAS,<sup>24</sup> MARTÍNEZ,<sup>25</sup> MORÁN<sup>26</sup>). Será un recurso didáctico útil en la medida en la que permita alcanzar las competencias propuestas.

No se trata de que los profesores elaboren un material audiovisual para que el alumno lo contemple pasivamente como si estuviera en el cine, ya que repetiríamos de nuevo el modelo de enseñanza-aprendizaje unidireccional. La implicación de profesores y estudiantes en su elaboración (a diferencia de la mera reproducción), y su posterior aplicación en el entorno del aprendizaje, nos da la oportunidad de desarrollar un aprendizaje participativo y promover la reflexión, cuestionar permanentemente el conocimiento y formar profesionales críticos.

El empleo del cine documental o el vídeo en la enseñanza proporciona un lenguaje audiovisual especial y diferente de los medios orales o textuales, modificando la manera de enseñar y de aprender; y junto con otras actividades de integración de contenidos, como las «Tutorías Integradas», puestas en marcha en el Grado de Enfermería de la UAH y objeto de otro artículo, constituyen medios muy sugestivos para promover el aprendizaje significativo.

La enseñanza universitaria tradicional establece una parcelación del conocimiento en asignaturas y materias que intentan representar las diferentes áreas del conocimiento humano, aisladas unas de otras y sin relación entre sus contenidos. Favorece un aprendizaje mecánico y el desarrollo de una memoria sin significado que dificulta la aplicación de los conocimientos a las distintas situaciones. En oposición a ellos se encuentran los aprendizajes por descubrimiento, vinculados estrechamente al aprendizaje significativo (AUSUBEL<sup>27, 28</sup>).

<sup>11</sup> BARATO, J. N. (2006). *Leitura de vídeos em educação*, São Paulo.

<sup>12</sup> BARTOLOMÉ, A. (1999). *Nuevas tecnologías en el aula: guía de supervivencia*, 5.ª ed. Barcelona, Graó.

<sup>13</sup> BRAVO, J. L. (1991). *Los medios audiovisuales en la enseñanza (retroproyector y vídeo)*. Madrid, ICE de la Universidad Politécnica.

<sup>14</sup> BRAVO, J. L. (1992). *Criterios para la evaluación de vídeos educativos*. Madrid, ICE de la Universidad Politécnica.

<sup>15</sup> CABERO, J. (1989). *Tecnología educativa: utilización didáctica del vídeo*. Barcelona, PPU.

<sup>16</sup> CABERO, J. (1991a). ¿Producción o producciones audiovisuales en el terreno educativo?, *El siglo que viene*, n.º 11, pp. 19-22.

<sup>17</sup> CABERO, J. (1991b). *Análisis de medios de enseñanza*. Sevilla, Alfar.

<sup>18</sup> CABERO, J. (1992). *Estrategias para una didáctica de los medios audiovisuales en el terreno educativo*, Grupo Pedagógico Prensa Educación. En *Andalucía: Enseñar y aprender con prensa, radio y televisión*, Huelva, Grupo Pedagógico Andalucía Prensa Educación, pp. 27-32.

<sup>19</sup> CABERO, J. ET AL. (1993). Esfuerzo mental y percepciones sobre la televisión/vídeo y el libro. *Bordón*, n.º 2, pp. 143-153.

<sup>20</sup> CEBRIÁN HERREROS, M. (1987a). El vídeo Educativo, en *Actas del II Congreso de Tecnología Educativa*. Madrid, Sociedad Española de Pedagogía.

<sup>21</sup> CEBRIÁN DE LA SERNA, M. (1994). Los vídeos didácticos: claves para su producción y evaluación, en *Pixel-Bilt: Revista de Medios y Educación* 1, pp. 31-42.

<sup>22</sup> DE PABLOS, J. (1986). *Cine y enseñanza*. Madrid, MEC.

<sup>23</sup> FERRES, J. (1988). *Vídeo y educación*. Barcelona, Laia.

<sup>24</sup> MALLAS, S. (1987). *Didáctica del vídeo*, Servei de Cultura Popular, Barcelona: Alta Fulla.

<sup>25</sup> MARTÍNEZ, F. (1991). Configuración de los vídeos didácticos, *Apuntes de educación, nuevas tecnologías*, Anaya, n.º 41, pp. 13-15.

<sup>26</sup> MORÁN, J. M. (1995). O vídeo na sala de aula, *Comunicação & Educação*, São Paulo, n.º2, pp. 27-35.

<sup>27</sup> AUSUBEL, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*, Nueva York, Grune Stratton.

<sup>28</sup> AUSUBEL, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*, Nueva York, Holt.

Nuestro Grupo de Innovación, consciente de que en estudios como Enfermería las materias básicas proporcionan la estructura cognitiva y el sustento sobre el que determinar la justificación de las diferentes decisiones e intervenciones propias de las enfermerías aplicadas, decidimos abordar proyectos que ayudasen al estudiante a adquirir una estructura interdisciplinar de análisis de las situaciones, avanzando en la permeabilidad de las fronteras entre las asignaturas, permitiéndoles relacionar más fácilmente sus contenidos. Este tipo de aprendizaje, además, según AUSUBEL *ET AL.*<sup>29</sup>, posibilita al estudiante que lo aprendido pueda ser utilizado en nuevas situaciones, en un contexto diferente, mediante un tipo de aprendizaje supraordenado.

Para procurar un aprendizaje significativo, el docente ha de contar con la motivación del estudiante y debe gestionar de forma eficaz los escenarios y los medios con los que cuenta (DÍAZ Y NORIEGA<sup>30</sup>). La nueva información se ha de conectar de forma sustantiva y no arbitraria con un concepto relevante pre-existente en su estructura cognitiva, lo que precisa de una actitud activa por parte del estudiante (AUSUBEL *ET AL.*<sup>29</sup>, MAYER<sup>31</sup>). El conocimiento puede verse comprometido si no existen ideas relevantes sobre las que construirlo. En este sentido la heterogeneidad en la procedencia de los estudiantes que comienzan el Grado en Enfermería (Bachillerato Científico, Formación Profesional, Programas de Acceso a la Universidad para Mayores de 25 o 40 años, otros estudios universitarios, etc.) apoyaría la aplicación de diversas estrategias docentes entre las que puede encontrar su justificación la elaboración de documentales.

De forma consensuada, los miembros del Grupo de Innovación elegimos el tema de «La memoria» para emprender esta estrategia metodológica. Al material audiovisual le acompaña una guía de trabajo que facilite su utilización en el aula por parte de todos los profesores implicados. De esta forma, además, los procesos de diálogo y discusión que se producen en el aula ayudan al estudiante a adquirir competencias de comunicación y expresión oral, de pensamiento crítico para la formulación de juicios y de argumentación lógica.

Las imágenes, sonidos y palabras tienen un enorme potencial para transmitir experiencias que estimulen el aprendizaje en los alumnos. Son un recurso muy atractivo para favorecer el aprendizaje activo, mejorar la comprensión y la retención, o para facilitar la creación de atmósferas más relajadas que potencien los aprendizajes. Los jóvenes universitarios actuales son grandes consumidores de imágenes que se encuentran a su alcance a través de diferentes elementos (la pantalla televisiva, el ordenador; los iPod®, las tabletas o incluso el móvil). El material audiovisual permite superar muchas de las limitaciones con las que se encuentran los textos tradicionales utilizados con fines docentes. Si a ello sumamos el componente multidisciplinar del material docente, su valor educativo resulta incuestionable.

La edición de este material audiovisual no solo debe cumplir con nuestras expectativas, sino que pretendemos que este material sea significativo para el aprendizaje de otros contenidos del currículo de Enfermería, fomentando la coordinación vertical entre los diferentes docentes de la titulación, que pueden programar sus contenidos contando con el mismo. Al compartir nuestra experiencia, ponemos los recursos a disposición de otros profesores, garantizando una continuidad en los contenidos de la titulación y contribuimos a que el currículo tenga un enfoque más globalizado.

## RESULTADOS

Para elaborar el documental es necesario tener claro lo que pretendemos comunicar y cómo queremos hacerlo. Para la realización del que nos ocupa fue necesario seguir una serie de etapas:

<sup>29</sup> AUSUBEL *op. cit.*, (1978). p. 402.

<sup>30</sup> DÍAZ, M. Y NORIEGA, T. (2009). Utilización de vídeos didácticos como innovación en la enseñanza de la toxicología, *Educación Médica Superior*, n.º 23(3), pp. 38-44.

<sup>31</sup> MAYER, B. J. (1979). *The organization of prose and its effects on memory*. Amsterdam, North Holland.

1. *Fundamentación*: realización de un estudio e investigación sobre el tema base del estudio multidisciplinar. Esta es la etapa de la concepción de las ideas y de los espacios de voz *en off* y la determinación de las imágenes necesarias para la preparación del vídeo. En ella resulta indispensable poseer un buen equilibrio técnico-pedagógico-conceptual. En esta fase, los docentes elegimos los contenidos que serán transmitidos y analizamos las estrategias para convertirlos en una historia, compleja por su multidisciplinariedad.
2. *Ideación*: proporcionar formato audiovisual a los contenidos en un guion a dos columnas.
3. *Elaboración de un plan de producción o storyboard*: preparación de una tabla donde se especifican las actividades de producción y se describe el proceso de grabación, diseño de tomas, planos y encuadres para su ajuste al guion.
4. *Revisión y reelaboración*: examen del material elaborado por los docentes implicados para realizar las correcciones oportunas.
5. *Rodaje*: es la fase más compleja y costosa del proceso, en la que los docentes requieren el asesoramiento de especialistas en Comunicación Audiovisual. Esta etapa requiere ceñirse de forma exacta al guion.
6. *Encargo y diseño de animaciones*: concebir, programar, proyectar y realizar el material de diseño fundamental para ilustrar de forma gráfica los procesos más complejos relacionados con la memoria.
7. *Postproducción*: implica la edición del material grabado en el orden que fue imaginado en el guion, seleccionando escenas y sus uniones y transiciones, que mantengan una línea narrativa para conseguir que el relato y el mensaje científico sean claros e impactantes.
8. *Grabación del audio*: añadiendo la música de fondo y la voz *en off*.

Tras su visionado en el aula, se distribuyó una encuesta para recabar la opinión de los estudiantes (*Figura 1*). Entre los resultados más destacados los estudiantes resaltaron que el documental proyectado tenía una gran capacidad para complementar su formación universitaria y suscitaba en ellos motivación hacia el aprendizaje.

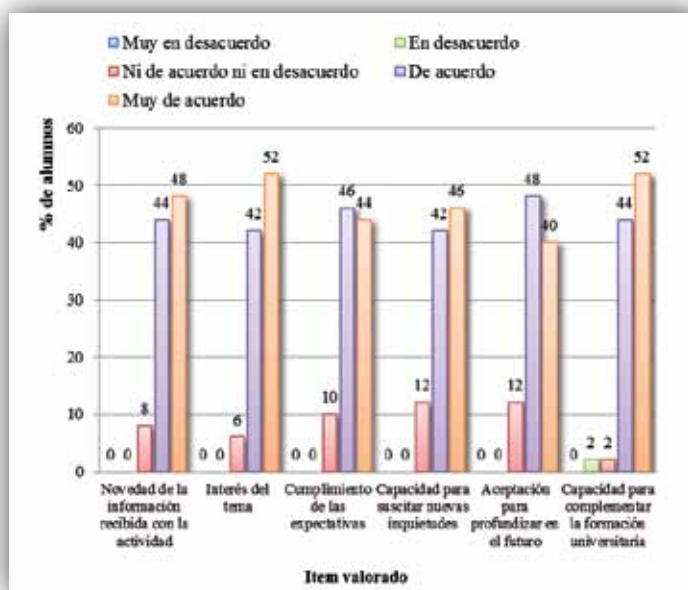


Figura 1. Opinión de los estudiantes tras el visionado del documental expresado en tanto por ciento. Valoración de acuerdo a una escala de Likert de 1 a 5.

## DISCUSIÓN

Según Villa y Poblete<sup>32</sup>, un modelo pedagógico basado en la interrelación de materias contribuye a aportar conocimientos científicos y a desarrollar competencias genéricas y específicas, siempre que el estudiante se convierta en el verdadero motor y protagonista de su aprendizaje. A través de este modelo integrador se favorece la adquisición de competencias desde cada materia y la aportación de situaciones complejas que implican movilizar contenidos pertenecientes a diversas disciplinas, superando así las limitaciones de un modelo curricular fragmentado (MOYA Y LUENGO<sup>33</sup>). Además, como describen Aparici y García Matilla<sup>34</sup>, la mente es activa en resignificar y recontextualizar lo que le llega del medio, por lo que estrategias pedagógicas como la que presentamos potencian el aprendizaje.

Mediante la elaboración de este documental pretendemos favorecer un modelo de aprendizaje basado en competencias posibilitando al alumno construir su propio conocimiento, integrando objetivos y contenidos de todas las disciplinas con la ayuda de los profesores implicados. Este modelo competencial no solo supone variaciones en la determinación de contenidos de aprendizaje, sino también en la propia práctica educativa, a través de nuevas metodologías, trabajo interdisciplinar y currículum integrado (ZABALA Y ARNAU<sup>35</sup>).

El uso de un medio audiovisual puede actuar como un elemento de organización en la medida en que permite a cada alumno situarse en el contexto en el que ha de integrar los nuevos contenidos del programa. Los medios audiovisuales son elementos contextualizadores en el proceso de enseñanza-aprendizaje y, al mismo tiempo, son idóneos para desarrollar una dinámica participativa (CABERO,<sup>36, 37, 38, 39, 40</sup> CEBRIÁN HERREROS,<sup>41</sup> CEBRIÁN DE LA SERNA<sup>42</sup>). Por su parte, Morán<sup>43</sup> defiende la idea de que el vídeo, para los alumnos, significa descanso y no «clases», lo que cambia las posturas y las expectativas en su uso.

Sin embargo, conviene considerar que la información que los sistemas multimedia proporcionan no garantiza necesariamente la creación de conocimiento. Su introducción debe formalizarse desde una perspectiva crítica, evitando que se conviertan simplemente en un medio novedoso que escapa a lo tradicional, pero también desde el espacio multidisciplinar, procurando a los estudiantes una visión amplia de un tema determinado.

Nuestro documental se sitúa en un lugar intermedio entre el *videolección* y el *videoimpacto*, según la clasificación de Bartolomé<sup>44</sup>. El *videolección* transmite contenidos conceptuales de forma clara, organizada y estructurada, acompañados de música e imágenes, basándose en la «pedagogía del durante», ya que el

<sup>32</sup> VILLA, A. Y POBLETE M. (2007). Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas. Bilbao. Ediciones Mensajero.

<sup>33</sup> MOYA, J. Y LUENGO, F. (2011). *Teoría y práctica de las Competencias Básicas*. Barcelona. Graó.

<sup>34</sup> APARICI, R. Y GARCÍA MATILLA, A. (1994). *Imagen, vídeo y educación*. USA, Fondo de Cultura Económica.

<sup>35</sup> ZABALA, A. Y ARNAU, L. (2007). La enseñanza de las competencias. *Aula de Innovación Educativa*, 161, pp. 40-46.

<sup>36</sup> CABERO, *op. cit.*, p. 403.

<sup>37</sup> CABERO, *op. cit.*, p. 403.

<sup>38</sup> CABERO, *op. cit.*, p. 403.

<sup>39</sup> CABERO, *op. cit.*, p. 403.

<sup>40</sup> CABERO, *op. cit.*, p. 403.

<sup>41</sup> CEBRIÁN HERREROS, *op. cit.*, p. 403.

<sup>42</sup> CEBRIÁN DE LA SERNA, *op. cit.*, p. 403.

<sup>43</sup> MORÁN, *op. cit.*, (1995). p. 402.

<sup>44</sup> BARTOLOMÉ, A. (2003). Vídeo Digital, *Comunicar, Revista Científica Iberoamericana de Comunicación y Educación*, n.º21, pp. 39-47.

estudiantes recibe de él lo que debe aprehender. En el videoimpacto las palabras no son necesarias y enfatiza en las imágenes y el sonido, construyendo un montaje no lineal, en el que subyace la «pedagogía del después», ya que a los estudiantes solo se les entrega una pauta que les permitirá, posteriormente, realizar diversas actividades de aprendizaje. En nuestro caso no se presentan los contenidos de forma completamente lineal, sino que se abordan desde diferentes áreas, resultando un material multidisciplinar que posibilitará posteriormente la realización de diferentes actividades de aprendizaje.

La potencialidad expresiva de un material audiovisual, es decir, su capacidad para transmitir el contenido, está subordinada tanto a las características propias del medio, como a los recursos expresivos y la estructura narrativa que se hayan empleado en su elaboración (BRAVO,<sup>45</sup> CABERO<sup>46</sup> y DE PABLOS<sup>47</sup>). El documental desarrollado tiene una elevada potencialidad expresiva, no es imprescindible la intervención del docente durante su visionado, se han utilizado múltiples elementos expresivos audiovisuales, de naturaleza multidisciplinar y se han articulado entre ellos de manera integrada para proporcionar una visión global de un tema concreto. Según BRAVO,<sup>45</sup> estos vídeos son los más elaborados, tanto desde el punto de vista de los contenidos como desde su propia realización, por lo que para su abordaje se precisa de un equipo multidisciplinar en el que trabajen docentes especialistas en cada una de las áreas temáticas y expertos en comunicación audiovisual.

Basándonos en la función dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje descrita por Ferres y Bartolomé,<sup>48</sup> nuestro material tiene: una función informativa (*vídeo documento*), puesto que describe objetivamente una realidad; una función motivadora (*vídeo animación*), ya que el interés se centra en el discente con el objeto de afectar su voluntad para incrementar las posibilidades de un aprendizaje significativo; y una función investigadora, porque resulta ser una herramienta de trabajo útil para la investigación sociológica y científica.

Pero también, dado el carácter multidisciplinar del material, nuestro documental puede adscribirse a las diferentes categorías de vídeo (curriculares, de divulgación cultural, de carácter científico-técnico o para la educación) elaboradas por CEBRIÁN HERREROS,<sup>49</sup> ya que se adapta a la programación docente, muestra el avance de la ciencia y la tecnología, trata de explicar el comportamiento de ciertos fenómenos naturales y tiene una clara intencionalidad didáctica. Y siguiendo a SCHMIDT<sup>50</sup>, presenta características instructivas, cognoscitivas, motivadoras, modelizadoras y, finalmente, lúdicas o expresivas, destinadas a que los estudiantes puedan aprender y comprender el lenguaje de los medios audiovisuales.

Por todo ello, hemos considerado que nuestro material debe constar de dos elementos complementarios: un *vídeo documental*, que pueda difundirse como material de trabajo para fomentar el proceso de enseñanza-aprendizaje entre los estudiantes, y un *cuadernillo con material didáctico y actividades*, que complementen al documental y permita a los docentes trabajar en el aula y profundizar en aspectos concretos.

En la realización del documental, una de las principales dificultades la encontramos en la elaboración del guion. En él los profesores de las distintas materias científicas debíamos elegir aquello que queríamos contar (sin caer en el error de hablar de todo sin decir nada), y hacerlo mediante un lenguaje que no

<sup>45</sup> BRAVO, J. L. (1994). *Rendimiento de los Vídeos de Alta Potencialidad Expresiva*. Comunicación y pedagogía, Barcelona, n.º 122, pp 23-26.

<sup>46</sup> CABERO, *op. cit.*, p. 403.

<sup>47</sup> DE PABLOS, *op. cit.*, (1986). p. 403.

<sup>48</sup> FERRES, J. Y. BARTOLOMÉ, A. R. (1991). *El vídeo. Enseñar vídeo, enseñar con el vídeo*. Barcelona, Gustavo Gili.

<sup>49</sup> CEBRIÁN HERREROS, *op. cit.*, p. 403.

<sup>50</sup> SCHMIDT, M. (1987). *Cine y vídeo educativo*. Madrid, MEC.



dominábamos. La agregación al grupo de un profesor del área de comunicación audiovisual se constituyó en providencial.

El guion sirve para organizar las ideas del docente, para describir las imágenes, diálogos, tiempo y movimientos de cámara. Field<sup>51</sup> conceptúa el guion como una historia contada en imágenes, diálogo y descripción, ubicada en el contexto de la estructura dramática. Para transmitir la información con mayor precisión, se incorporaron las entrevistas con profesionales, gráficos, animaciones, narraciones en *off*, escenas cotidianas, dramatización, banco de imágenes, etc.

No se trata de escribir un texto para que un locutor lo grabe, agregándole imágenes y música. No se entrega el mensaje a través del medio, puesto que el medio puede condicionarlo, conformándolo y cambiando su significado. En efecto, el cine documental provoca emociones, sensaciones que motivan y despiertan al receptor; logrando captar finalmente su atención. McLuhan y Powers<sup>52</sup> mantienen que los medios de comunicación producen efectos sociales y psicológicos en la audiencia, relaciones sociales específicas y una forma de pensar que acaba siendo independiente del contenido transmitido.

Para utilizar el documental como herramienta pedagógica es preciso dotarle de una planificación previa y de unos objetivos que den sentido al uso de dicho recurso educativo: ser motivadores e informativos *per se*, transmitiendo un contenido coherente que permita al estudiante adquirir un aprendizaje significativo.

De acuerdo con las puntualizaciones de Bravo<sup>53,54,55</sup>, para que los alumnos valoren la información que les suministra el vídeo, es necesario que identifiquen el contenido de este con el programa de la asignatura, en nuestro caso con los diferentes contenidos de las Guías Docentes que forman el programa curricular de primero de Grado en Enfermería, de forma que le otorguen la categoría de texto oficial. Pero, como este mismo autor señala, si además los alumnos advierten que los docentes de las diferentes materias implicadas han participado en la realización del vídeo, su apreciación e interés será mucho mayor.

## CONCLUSIONES

Con esta experiencia los docentes hemos tenido la oportunidad de aumentar el conocimiento mutuo, compartiendo actividades e integrando (palabra mágica) objetivos, conocimientos, inquietudes, contradicciones e intereses que nos han impulsado a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Pretendemos ayudar a que el estudiante llegue a ser capaz de enfrentarse a las exigencias de una formación continuada a lo largo de su vida y para su formación como profesionales competentes en un mundo en constante cambio. Esta innovación nos ha aportado una nueva cultura de trabajo en equipo y un clima de confianza mutua que no éramos capaces de percibir con la enseñanza tradicional más anclada en el individualismo.

La mayoría de los autores referidos defienden que los alumnos que utilizan este recurso audiovisual como complemento a los tradicionales aprovechan mejor las horas lectivas, exhiben mayor curiosidad, aumenta en ellos la capacidad para la resolución de problemas, para la expresión oral y adquieren un conocimiento multidisciplinar, global e integrador.

<sup>51</sup> FIELD, S. (1995). *Manual do roteiro*. Río de Janeiro, Objetiva.

<sup>52</sup> MCLUHAN, M. Y POWERS, B. (1993). *La aldea global*. Barcelona, Gedisa.

<sup>53</sup> BRAVO., *op. cit.*, p. 403.

<sup>54</sup> BRAVO., *op. cit.*, p. 403.

<sup>55</sup> BRAVO, J. L. (1994). Rendimiento de los Vídeos de Alta Potencialidad Expresiva. *Comunicación y pedagogía*, Barcelona, nº 122, pp. 23-26.

Los alumnos educados, entre otros, con recursos audiovisuales reciben la información no solo a través de un texto, sino mediante el uso de sonido e imágenes; mientras que el alumno de un aprendizaje tradicional restringe su enseñanza a la transmisión de conocimiento de manera lineal, unidireccional y mecanizada. De esta forma, podemos descubrir que el documental didáctico es un medio de comunicación útil para desarrollar aún más habilidades y destrezas, puesto que fomenta la complementariedad entre los dos hemisferios del cerebro. Este medio de transmisión es un puente que permite la comprensión del mundo audiovisual, ya que admite analizar imágenes, lenguaje y sonido de manera conjunta.

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, J. M. (1991). *El futuro del audiovisual en España*. Madrid, Fundesco.
- AMARAL, S. F. ET AL. (2004). Serviço de apoio a distância ao professor em sala de aula pela tv digital interativa. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Campinas, n.º 1 (2), pp. 53-70.
- APARICI, R. Y GARCÍA MATILLA, A. (1994). *Imagen, vídeo y educación*. USA, Fondo de Cultura Económica.
- ARIMANY, L., BRAVO, J. L. Y SÁNCHEZ, M. J. (1992). Experiencia de la aplicación de los medios audiovisuales en la enseñanza de la Estadística. En Actas de las jornadas: *La innovación "emergente" como medio de mejora de la calidad de enseñanza en la ingeniería*. Madrid, ICE de la Universidad Politécnica, pp. 179-187.
- AUSUBEL, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Nueva York, Grune Stratton.
- AUSUBEL, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. Nueva York, Holt.
- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D. Y HANESIAN, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. Nueva York, Holt.
- BARATO, J. N. (2006). *Leitura de vídeos em educação*. São Paulo.
- BARTOLOMÉ, A. (1999). *Nuevas tecnologías en el aula: guía de supervivencia*. 5.ª ed. Barcelona, Graó.
- BARTOLOMÉ, A. (2003). Vídeo Digital, *Comunicar*, *Revista Científica Iberoamericana de Comunicación y Educación*, n.º 21, pp. 39-47.
- BRAVO, J. L. (1991). *Los medios audiovisuales en la enseñanza (retroproyector y vídeo)*. Madrid, ICE de la Universidad Politécnica.
- BRAVO, J. L. (1992). *Criterios para la evaluación de vídeos educativos*. Madrid, ICE de la Universidad Politécnica.
- BRAVO, J. L. (1994). Rendimiento de los Vídeos de Alta Potencialidad Expresiva. *Comunicación y pedagogía*, Barcelona, n.º 122, pp. 23-26.
- CABERO, J. (1989). *Tecnología educativa: utilización didáctica del vídeo*. Barcelona. PPU.
- CABERO, J. (1991a). ¿Producción o producciones audiovisuales en el terreno educativo? *El siglo que viene*, n.º 11, pp. 19-22.
- CABERO, J. (1991b). *Análisis de medios de enseñanza*. Sevilla, Alfar.
- CABERO, J. (1992). Estrategias para una didáctica de los medios audiovisuales en el terreno educativo. Grupo Pedagógico Prensa Educación, en Andalucía: *Enseñar y aprender con prensa, radio y televisión*, Huelva, Grupo Pedagógico Andaluz Prensa Educación, pp. 27-32.
- CABERO, J. ET AL. (1993). *Esfuerzo mental y percepciones sobre la televisión/vídeo y el libro*. Bordón, n.º 2, pp. 143-153.
- CAMEÁN, A. M., MORENO, I., PASO, A., MATE, B., SALGUERO, M., REPETTO, M. Y REPETTO, G. (2001). *Aprendiendo Toxicología en Internet*, *Revista de Enseñanza Universitaria*, n.º 18, pp. 33-45.
- CEBRIÁN HERREROS, M. (1987a). El vídeo Educativo, en *Actas del II Congreso de Tecnología Educativa*. Madrid. Sociedad Española de Pedagogía.
- CEBRIÁN DE LA SERNA, M. (1994). Los vídeos didácticos: claves para su producción y evaluación, en *Píxel-Bilt: Revista de medios y Educación* 1, pp. 31-42.
- CORNET CALVERAS, A. (2005). Nuevos planteamientos didácticos: ¿Al innovar en docencia, mejoramos el aprendizaje?, *Educación Médica*, n.º 8(S1), p.18.
- DE PABLOS, J. (1986). *Cine y enseñanza*. Madrid, MEC.
- DÍAZ, M. Y NORIEGA, T. (2009). Utilización de vídeos didácticos como innovación en la enseñanza de la toxicología. *Educación Médica Superior*. N.º 23(3), pp. 38-44.

- FERNÁNDEZ, A. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias, *Educatio siglo XXI*, n.º 24, pp. 35-56.
- FERRES, J. (1988). *Vídeo y educación*. Barcelona, Laia.
- FERRES, J. Y BARTOLOMÉ, A. R. (1991). *El vídeo. Enseñar vídeo, enseñar con el vídeo*. Barcelona, Gustavo Gili.
- FIELD, S. (1995). *Manual do roteiro*. Río de Janeiro, Objetiva.
- MALLAS, S. (1987). Didáctica del vídeo, *Servei de Cultura Popular*. Barcelona, Alta Fulla.
- MARTÍNEZ, F. (1991). Configuración de los vídeos didácticos, *Apuntes de educación, nuevas tecnologías*, Anaya, n.º 41, pp. 13-15.
- MATEO, J. (2005). Los nuevos retos de la Educación Superior, *Educación Médica*, n.º 8(S1), p. 20.
- MAYER, B. J. (1979). The organization of prose and its effects on memory, Amsterdam, North Holland. McLuhan, M. y Powers, B. 1993, *La aldea global*. Barcelona, Gedisa.
- MILLÁN, J. (2005). Claves para una enseñanza de calidad, *Educación Médica*. n.º 8(S3), pp. 132-136.
- MORÁN, J. M. (1995). O vídeo na sala de aula, *Comunicação & Educação, São Paulo*, n.º 2, pp. 27-35.
- MOYA, J. Y LUENGO, F. (2011). *Teoría y práctica de las Competencias Básicas*. Barcelona, Graó.
- PISCITELLI, A. (1995). *Ciberculturas, en la era de las máquinas inteligentes*. Buenos Aires, Paidós.
- SCHMIDT, M. (1987). *Cine y vídeo educativo*. Madrid, MEC.
- VILLA, A. Y POBLETE, M. (2007). *Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas*. Bilbao, Ediciones Mensajero.
- ZABALA, A. Y ARNAU, L. (2007). La enseñanza de las competencias, *Aula de Innovación Educativa*, 161, pp. 40-46.

# EL «LABORATORIO DE BIOMATEMÁTICA» EN LA DOCENCIA DE LA MATEMÁTICA APLICADA A LA BIOLOGÍA

Rafael Lahoz-Beltrá, Mariángeles Gómez Flechoso

*Departamento de Matemática Aplicada (Biomatemática), Facultad de Biología  
Universidad Complutense 28040 Madrid*

## Resumen

La experiencia educativa que se expone en este artículo tiene por finalidad eliminar el «miedo» que tradicionalmente tienen los estudiantes de Biología hacia las matemáticas. El estudio fue realizado con los estudiantes de Matemáticas Aplicadas a la Biología, asignatura que se imparte en el Grado en Biología de la UCM. Durante el curso 2013/14 los contenidos fueron ajustados a lo que en nuestra opinión es útil a un biólogo. Además, los alumnos, haciendo uso del «Laboratorio de Biomatemática», realizaron un trabajo en el que tuvieron que resolver un problema experimental tomado de la Ecología, Epidemiología, Microbiología, Fisiología, etc. Por medio de una encuesta, la opinión de los alumnos es comparada con la de los alumnos del curso 2009/10, año en el que la asignatura fue impartida siguiendo criterios tradicionales. Los resultados obtenidos son satisfactorios, animando a los profesores a continuar por la senda iniciada.

## Abstract

The educational experience which is exposed in this article aims to remove the «fear» that have traditionally biology students towards mathematics. The study was conducted with students enrolled in «Mathematics Applied to Biology» subject that is taught in the Degree in Biology of UCM. During the 2013/14 academic course the contents were fitted to what we believe is useful to a biologist. In addition, students using the «Biomathematics Lab» performed a small research project that had to solve an experimental problem taken from the Ecology, Epidemiology, Microbiology, Physiology, etc. Through a survey the opinion of students is compared with that of students in the academic year 2009/10, the year in which the course was taught using traditional criteria. The results are satisfactory encouraging teachers to continue on the path initiated.

## INTRODUCCIÓN

En 1953 se establece en España el primer plan de estudios en Biología, incluyéndose desde entonces una asignatura de Matemáticas, que ha sido incluida en todos los planes de estudio hasta nuestros días. Un año después, se construye en la Universidad Complutense de Madrid el Analizador Diferencial Electrónico, uno de los primeros ordenadores (*Figura 1*) que ven la luz en nuestro país. Desde entonces muchos

han sido los cambios experimentados por las universidades y por los miles de estudiantes que en ellas se han formado. Sin embargo, y pese a los cambios experimentados, entre los que destacaríamos los sucesivos planes de estudios y la disponibilidad cada vez mayor de ordenadores capaces de realizar los cálculos que tradicionalmente tanto «aterrorizaban a los biólogos», cabe preguntarse ¿cuál es a día de hoy la percepción, es decir, la *aptitud* y *actitud*, de los estudiantes de Biología hacia la asignatura de Matemáticas? Durante el curso 2009/10 realizamos un estudio<sup>1</sup> en el que los alumnos fueron encuestados con el fin de determinar el perfil del estudiante promedio. Los resultados obtenidos mostraron que los estudiantes, pese a la madurez de sus respuestas, en su mayoría sentían un cierto desagrado con la obligación de tener que cursar la asignatura, principalmente por el temor o ansiedad que les produce el estudio de conocimientos abstractos. Curiosamente esta ansiedad ante lo abstracto se producía indistintamente tanto si el objeto de estudio era una expresión matemática, y esto fue lo llamativo, como si se trataba de una ilustración de la glucólisis y el ciclo de Krebs.

Con el fin de solventar algunas dificultades que son constantes año tras año en los alumnos (por ejemplo, la comprensión del enunciado que describe una situación experimental, la organización de las etapas que conducen a la solución de un problema, o las carencias a la hora de calcular «a mano» operaciones matemáticas básicas en ciencias, etc.) y de mostrar la *utilidad* real de la Matemática en Biología,<sup>2</sup> en este artículo exponemos los resultados de una experiencia docente realizada en el curso 2013/14. El estudio fue realizado con los alumnos de la asignatura Matemáticas Aplicadas a la Biología (6.0 créditos ECTS), perteneciente al primer curso del Grado en Biología que actualmente se imparte en la UCM. A diferencia de cursos anteriores (i), los contenidos de la asignatura fueron ajustados a lo que en nuestra opinión es útil a un biólogo, eliminándose algunas partes del temario y ampliando otras, y (ii) los alumnos tuvieron que realizar dos trabajos a lo largo del curso resolviendo en cada uno de ellos un problema experimental<sup>3</sup> a su elección entre una serie de problemas del mundo real. Se trató de situaciones experimentales en ecología, epidemiología, microbiología, fisiología, etc., y que son usuales tanto en el *trabajo de campo* como en *laboratorio*, esto es en los dos entornos en los que habitualmente ejerce la profesión un biólogo. Los problemas experimentales fueron elegidos con la característica en común de que durante su resolución alguna de sus etapas requiriera de un procedimiento o cálculo matemático. Los estudiantes eligieron el proyecto, trabajando en grupos o individualmente, realizándose las operaciones no «a mano» sino con el software de álgebra computacional wxMaxima. Al concluir el curso 2013/14 los alumnos fueron encuestados, repitiéndose la misma encuesta realizada en el curso 2009/10. Finalmente, el perfil promedio de los estudiantes de ambos cursos fue comparado con el fin de averiguar si los cambios realizados en la asignatura se tradujeron o no en cambios significativos en la percepción de los estudiantes de Biología hacia las Matemáticas.

Durante las sesiones de prácticas con ordenador, y en las que se utilizó wxMaxima, uno de los objetivos de la asignatura fue enseñar a los alumnos la idea de «Laboratorio de Matemáticas». En su concepción más simple nos referimos a un ordenador con software de cálculo simbólico y estadístico, y que define un entorno compatible y en coexistencia natural con el laboratorio de bioquímica, genética o microbio-

<sup>1</sup> LAHOZ-BELTRÁ, R., MARTÍNEZ-CALVO, C., PÉREZ DE VARGAS, A., GÓNZALEZ-MANTEIGA, M.T., LÓPEZ GONZÁLEZ-NIETO, P., GÓMEZ FLECHOSO, M.A. (2011). Adaptación de las matemáticas para biólogos al Plan Bolonia: dificultades y retos. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., BARATAS DÍAZ, A. (eds.), *Investigación y Didáctica para las Aulas del Siglo XXI*, Madrid, Santillana, pp. 155-164.

<sup>2</sup> COHEN, J. E. (2004). Mathematics is biology's next microscope, only better; Biology is mathematics' next physics, only better. (2004). *PLoS Biology*, 2(12), e439 2017-2023.

JUNGCK, J. R. (1997). Ten equations that changed biology: Mathematics in problem-solving biology curricula. *Bioscience*, 23(1), 11-36.

<sup>3</sup> JUNGCK, J. R. (2011). Mathematical biology education: Modeling makes meaning. *Math. Model. Nat. Phenom.* 6(6), 1-21.

ROBEVA, R., LAUBENBACHER, R. (2009). Mathematical biology education: beyond calculus. *Science*, 325, 542-543.

logía. Desde un punto de vista histórico, y al popularizarse paulatinamente los ordenadores, el laboratorio de matemáticas se transformaría en lo que actualmente se conoce como Centro de Proceso de Datos (el *Data Center* del mundo anglosajón) o en su acepción española el «Centro de Cálculo». Una de las ideas fundamentales de la asignatura de Matemáticas es la de incidir en que muchos hallazgos fundamentales de la biología moderna han sido posibles gracias al ordenador y, por tanto y en última instancia, a la aplicación de la matemática en alguna etapa concreta del protocolo experimental. Más aún, es importante recalcar a los estudiantes que esta situación no es algo nuevo que tenga que ver con el desarrollo espectacular de especialidades tales como la Biología Sintética o de las llamadas disciplinas *-ómicas*, ya que viene de tiempo atrás al remontarse a la primera mitad del siglo XX. Y es en este punto cuando conviene explicar que la aplicación de los métodos matemáticos a la biología tiene su origen nada más y nada menos que en la década de los años treinta, exponiendo incluso un breve bosquejo de la historia del nacimiento de la Matemática Aplicada a la Biología o Biomatemática. En 1935 nace en la Universidad de Nueva York (EE. UU.) el Instituto Courant de Ciencias Matemáticas (CIMS), uno de los centros de investigación en matemática aplicada más prestigiosos del mundo. Resulta curioso y demostrativo a un tiempo resaltar que desde sus orígenes una de sus áreas prioritarias de investigación haya sido la aplicación de la matemática a la biología y neurociencia. Tres años después, en 1938, se funda en la Universidad de Cambridge (Reino Unido) el primer Laboratorio de Matemáticas que años más tarde, en 1949, albergaría a EDSAC (acrónimo de *Electronic Delay Storage Automatic Calculator*), uno de los primeros ordenadores programables de la historia.<sup>4</sup> Allí no solo nació OXO, el primer videojuego del popular juego de tres en raya; también se aplicó por vez primera en 1950 un ordenador a la resolución de un problema en biología, concretamente al cálculo de las frecuencias génicas.<sup>5</sup> En 1958 Kendrew y sus colegas<sup>6</sup> obtuvieron la estructura 3D de la mioglobina, proeza científica que fue posible gracias a las matemáticas y, en particular, a la ayuda de EDSAC,<sup>7</sup> utilizándose para tal fin los datos obtenidos por cristalografía de rayos X. Durante los años cincuenta el ordenador «acerca las matemáticas al biólogo», haciéndose imprescindibles en el trabajo experimental. A principios de esta década Alan Turing utilizó un ordenador Ferranti Mark I en la Universidad de Manchester (Reino Unido) para simular un posible mecanismo de la morfogénesis,<sup>4</sup> es decir, la forma en la que los genes de un cigoto determinan la estructura anatómica de una planta o animal. A finales de los años cincuenta, Margaret



Figura 1. Uno de los primeros ordenadores españoles, el Analizador Diferencial Electrónico, construido por el profesor José García Santesmases en la Universidad Complutense de Madrid entre 1954 y 1955 (véase Museo Facultad de Informática de la UCM, <http://web.fdi.ucm.es/migs/prensa.html>).

<sup>4</sup> LAHOZ-BELTRÁ, R. (2009). *Del primer ordenador a la inteligencia artificial*. 2ª ed. Turing. Madrid, Nivola.

<sup>5</sup> FISHER, R. A. (1950). Gene frequencies in a cline determined by selection and diffusion. *Biometrics*, 6(4), 353-361.

<sup>6</sup> KENDREW, J. C., BODO, G., DINTZIS H. M., PARRISH R. G., WYCKOFF H., PHILLIPS D. C. (1958). A three-dimensional model of the myoglobin molecule obtained by X-ray analysis. *Nature*, 181 (4610), 662-666.

<sup>7</sup> WHEELER, J. M. (1992). Applications of the EDSAC. *IEEE Annals of the History of Computing*, 14(4), 27-33.

Oakley Dayhoff aplica el ordenador al estudio de las secuencias de proteínas, publicando en 1965 el *Atlas of Protein Sequence and Structure*, trabajo pionero en el que se inspirarán las actuales bases de datos de proteínas. Estos hechos acelerarán el desarrollo y el número e importancia de los descubrimientos científicos en biología, consolidándose el uso de las matemáticas a través del ordenador en el año 2000 con el proyecto que condujo a la secuenciación del genoma humano.

Sin entrar en detalles, podríamos pensar que gracias al ordenador el biólogo moderno debería haber perdido el «miedo» a las matemáticas utilizándolas en su quehacer experimental, pero ¿es esto cierto?

## METODOLOGÍA

Se propuso a los alumnos de Matemáticas Aplicadas a la Biología una serie de proyectos sobre los dos bloques temáticos que definen la asignatura: (i) modelos de ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden y (ii) sistemas de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden con coeficientes constantes. Algunos de los proyectos propuestos fueron, entre otros: Modelo logístico del crecimiento bacteriano; modelo logístico del crecimiento de la población en Estados Unidos y estudio de las diferencias con la población española; reconstrucción del experimento de Gause de 1930 con *Paramecium*; estudio del crecimiento de los peces de una piscifactoría (I y II); estudio de los efectos de un insecticida en una plaga de mosquitos; gestión de una población de ciervos en una reserva natural; modelo de una central depuradora (I y II); modelo de tres lagos contaminados; modelo del tratamiento de la arritmia con lidocaína, modelo de cadena alimentaria en el plancton; modelo de transferencia de biomasa en un bosque, etc. Asimismo, se proporcionó a los alumnos un *manual*<sup>8</sup> describiendo los métodos y procedimientos de cálculo con wxMaxima necesarios para poder realizar los proyectos. Por ejemplo, el método de los mínimos cuadrados, método de Ruge-Kutta de 4.º orden, representación del campo de direcciones, etc., incluyéndose programas de ejemplo que ilustren cómo utilizar bibliotecas de rutinas realizadas ad hoc para la asignatura (SEDLPOH.mac, SELDPOHRC.mac, ESGSC\_2POBLACIONES.mac, etc.). Las bibliotecas fueron confeccionadas con el fin de simplificar al máximo los pasos necesarios para resolver un sistema de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden homogéneo. En todos los proyectos se abordó tanto la obtención de la solución particular de una ecuación diferencial o de un sistema de ecuaciones diferenciales como la obtención de soluciones numéricas simulando, y por tanto haciendo predicciones, sobre el estado futuro de un fenómeno o sistema biológicos.

Uno de los aspectos más importantes de los proyectos es que los estudiantes aprendieron de forma natural a conectar el *modelo matemático*, es decir, la ecuación diferencial o el sistema de ecuaciones diferenciales, con el *trabajo experimental*, ya sea de campo o laboratorio. Uno de los pasos que habitualmente relaciona el modelo con el experimento es la estimación de los parámetros del modelo a partir de los datos experimentales (*Figura 2*). Por ejemplo, a partir de los datos tomados en laboratorio del crecimiento de una colonia de bacterias, es posible *estimar* los parámetros  $c$  y  $r$  de la ecuación logística, tal y como se muestra en el *Programa 1* (véase *Apéndice*).

Otra forma también habitual de relacionar los datos experimentales con el modelo tiene lugar cuando el investigador fija las condiciones iniciales de su experimento (*Figura 3*), por ejemplo, la dosis de un medicamento según el peso del sujeto (*Programa 2*, véase *Apéndice*). Según sean las condiciones iniciales, el fenómeno *simulado* tendrá en el futuro uno u otro comportamiento o estado. En resumen, los estudiantes aprenden a realizar *experimentos de simulación*, es decir, a predecir el estado futuro de un fenómeno o sistema ya sea cambiando, y por tanto estudiando el efecto, del (i) valor de los parámetros, (ii) las condiciones iniciales o (iii) de los parámetros y condiciones iniciales.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> LAHOZ-BELTRÁ, R. (2014). *Métodos en Biomatemática II: Ecuaciones Diferenciales con wxMaxima*, [eprints.ucm.es/26851/](http://eprints.ucm.es/26851/)

<sup>9</sup> LAHOZ-BELTRÁ, R. (2004). *Bioinformática. Simulación, vida artificial e inteligencia artificial*. Madrid, Ediciones Díaz de Santos.

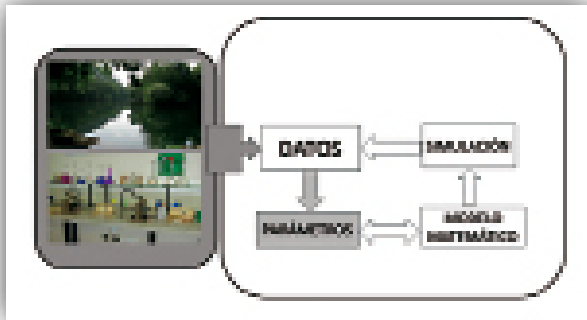


Figura 2. Conexión entre un modelo matemático y los datos experimentales a través de los parámetros. Un parámetro describe alguna característica o cualidad de un fenómeno que no es directamente observable para el investigador; por este motivo su valor debe ser estimado.

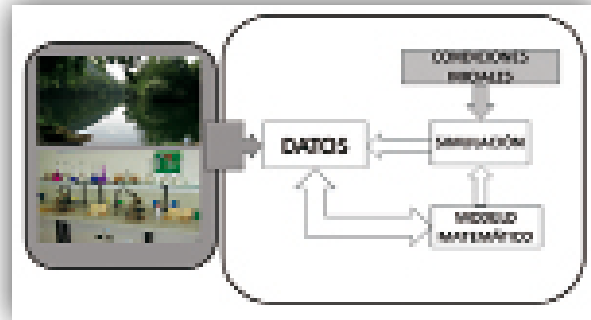


Figura 3. Conexión entre un modelo matemático y los datos experimentales a través de las condiciones iniciales. Las condiciones iniciales son el valor de la variable en estudio para el tiempo inicial ( $t=0$ ), representando el punto a partir del que se predice por *simulación* el comportamiento o estado futuro de un fenómeno o sistema.

## RESULTADOS

En las encuestas se obtuvieron las medianas ( $Me$ ) de cada pregunta (24 preguntas), teniendo cada pregunta cuatro respuestas posibles según una variante de escala de Likert (1, totalmente en desacuerdo; 4, muy de acuerdo). Las encuestas del curso 2009/10 se compararon con las del curso 2013/14, realizándose el test de la mediana y el de Kruskal-Wallis con el programa *Statgraphics Centurion XVI*. Se utilizó el  $p$ -valor de uno u otro test dependiendo de que las varianzas poblacionales fueran iguales o no, respectivamente. En todos los casos la hipótesis nula expresó que para una cierta pregunta de la encuesta la opinión no cambió significativamente entre los dos cursos comparados.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

En primer lugar, no ha cambiado la opinión sobre «la utilidad de las matemáticas», estando de acuerdo ambos cursos ( $Me=3$ ) en que las matemáticas son fundamentales para la formación científica de un biólogo ( $p$ -valor=0,9983). Aunque el cambio no es significativo, se debilita la opinión ( $Me=3$  en 2010,  $Me=2$  en 2014) de que las matemáticas son únicamente imprescindibles en algunos problemas ( $p$ -valor=0,1091) y se mantiene un acuerdo parcial ( $Me=2$ ) en que la popularidad de los ordenadores y el *software* haga innecesario estudiar matemáticas ( $p$ -valor=0,6965). Asimismo, tampoco cambia ( $Me=3$ ) la opinión de que las matemáticas hacen falta para profundizar en el estudio de la ecología, genética, bioquímica, fisiología vegetal y animal, etc., ( $p$ -valor=0,7530). En este sentido también están de acuerdo los estudiantes ( $Me=3$ ), y se mantiene la opinión, de que los modelos matemáticos son imprescindibles en biomedicina y bioinformática, por ejemplo, en el estudio de los genomas y las proteínas ( $p$ -valor=0,1286). También, y de una forma similar, se mantiene la opinión ( $Me=3$ ) de que hay problemas que requieren para su tratamiento de las matemáticas, por ejemplo, el cambio climático ( $p$ -valor=0,1453). Aunque la tendencia no sea aún significativa, gana fuerza la opinión ( $Me=2$  en 2010,  $Me=3$  en 2014) de que la *biomatemática es una especialidad de la biología* ( $p$ -valor=0,5405). Por consiguiente, concluimos que no ha cambiado la percepción sobre la *utilidad de las matemáticas en biología*, y se observa una tendencia a considerar la biomatemática como una especialidad en sí misma.

En segundo lugar, tampoco ha cambiado la opinión general sobre la «enseñanza de la asignatura», aunque sí sobre las prácticas y seminarios. Así, por ejemplo, se mantiene el número de alumnos que opinan, habiendo tan solo un acuerdo parcial ( $Me=2$ ), que la formación recibida en matemáticas en Bachillerato es suficiente para entender adecuadamente las explicaciones en la universidad ( $p$ -valor=0,7827). Asimismo, no ha cambiado la opinión sobre el hecho de que «sin haber cursado Matemáticas en Bachillerato se pueda superar satisfactoriamente la asignatura» ( $p$ -valor=0,6722). No cambia significativamente la opinión,



aunque gana fuerza ( $Me=2$  en 2010,  $Me=3$  en 2014), la percepción en los alumnos de que el nivel de los contenidos es elevado para las necesidades profesionales de un biólogo ( $p$ -valor= $0,5192$ ). Tampoco cambia la opinión, estando los alumnos de acuerdo ( $Me=3$ ), en que los profesores se esfuerzan por «hacerse entender» ( $p$ -valor= $0,2259$ ). Sin embargo, tal y como era de esperar, sí se observan cambios significativos en relación con las clases prácticas y seminarios de problemas. Mientras que se mantiene el acuerdo ( $Me=3$ ) de que las prácticas con ordenador utilizando algún programa de computación simbólica (Derive en 2010 y wxMaxima en 2014) les fue de ayuda para entender algunos métodos y razonamientos matemáticos ( $p$ -valor= $0,2037$ ), se observa la pérdida de simetría en la distribución estadística de las opiniones sesgándose a la izquierda (hacia el desacuerdo). En este sentido, y aunque mayoritariamente ( $Me=3$ ) a los estudiantes les sigue pareciendo suficiente el número de horas de clases prácticas ante el ordenador; hay sin embargo diferencias significativas ( $p$ -valor= $0,0004$ ) entre cursos. Se pierde de nuevo la simetría de la distribución estadística de las opiniones, lo que tal vez se deba a que durante el curso 2013-14 se cambió el *software*, utilizándose a partir de este curso wxMaxima por sus numerosas ventajas frente a Derive. Ahora bien, y puesto que el manejo de wxMaxima requiere algo más de entrenamiento que Derive, posiblemente haya que aumentar el número de horas de prácticas, dedicando estas horas extra a enseñar el manejo de este entorno de programación. Otro cambio significativo es la opinión sobre la utilidad de los seminarios de problemas a la hora de ayudarles a entender algunos de los conceptos tratados en clases de teoría. El resultado de la encuesta muestra una tendencia a debilitarse la opinión sobre dicha utilidad ( $p$ -valor= $0,0004$ ). Si en 2010 estaban totalmente de acuerdo ( $Me=4$ ), en 2014 esta opinión pierde fuerza, estando de acuerdo en menor grado ( $Me=3$ ). Se mantiene, sin embargo, la opinión ( $Me=3$ ) de que el número de créditos ECTS les parece suficientes para la asignatura ( $p$ -valor= $0,4602$ ).

En tercer lugar, y en comparación con otras asignaturas, los estudiantes mantienen la opinión ( $Me=3$ ) de que las Matemáticas son más difíciles que la Física ( $p$ -valor= $0,2522$ ), y no cambia su opinión ( $Me=2$ ), aunque aún no las hayan cursado, de que su dificultad será similar a las asignaturas de Bioquímica, Genética o Ecología. Sin embargo, hay un cambio significativo ( $Me=2$  en 2010,  $Me=3$  en 2014) por el que les parece que las Matemáticas son más difíciles que la Química, que sí cursan. Un resultado importante es el aumento significativo del número de alumnos que esperan aprobar las Matemáticas ( $p$ -valor= $0,0094$ ), sesgándose la distribución hacia la derecha ( $Me=3$ ). Es decir, *crecen sus expectativas de superarla con éxito*, pese a que, y en relación con su *satisfacción* hacia la asignatura, hay una mejora ( $Me=2$  en 2010,  $Me=3$  en 2014) que aún no es significativa ( $p$ -valor= $0,4168$ ).

Finalmente, se obtuvo el gráfico de Chernoff a partir de los datos relativos a las preguntas 16 («Espero superar/aprobar la asignatura satisfactoriamente.») y 21 («Estoy satisfecho con la asignatura.»), comparándose por este método los cursos 2009/10 y 2013/14. La *Figura 4* muestra un mayor número de «caras redondas» (máximo) que «caras en 8» (mínimo) en el curso 2013/14, lo que reflejaría que los cambios introducidos en la asignatura en el 2013/14 han sido percibidos positivamente por los estudiantes.

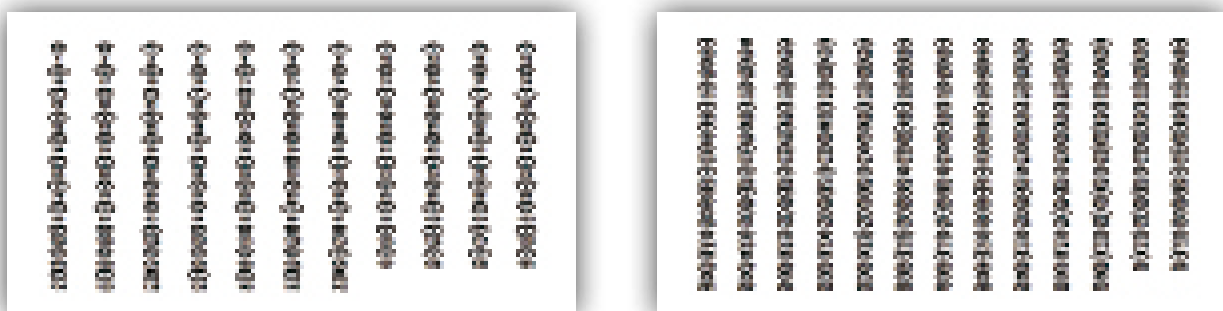


Figura 4. Gráfico de Chernoff representando las «expectativas y satisfacción» de los alumnos hacia las Matemáticas en el curso 2009/10 (izquierda) y 2013/14 (derecha).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que el «Laboratorio de Biomatemática» es una buena opción para enseñar Matemáticas a los futuros biólogos siempre y cuando se planteen proyectos interesantes y realistas. Por consiguiente, creemos que, como política general: (i) habría que incluir módulos de Biomatemática en Másters universitarios, (ii) lograr que, los profesores no biólogos que imparten la asignatura «sean más Bio», (iii) aconsejar a los estudiantes cursar Matemáticas II en Bachillerato y, una vez en la universidad, (iv) reducir la dificultad algebraica de los problemas (política «*beyond calculus*»), y (v) ajustar los contenidos y la carga teórica, aumentando el número de horas de las clases prácticas con ordenador:

## APÉNDICE<sup>8</sup>

**Programa I.** Estimación de parámetros en un estudio del crecimiento de la bacteria *Vibrio natriegens* durante un total de 160 minutos, midiéndose su crecimiento en intervalos de 16 minutos a través de la densidad de población con un espectrofotómetro:

**Ajuste de datos experimentales a una ecuación logística. Definir tiempo inicial y tope poblacional:**

```
-> T0:=0;K:=1.2;
```

**DATOS: Lectura de datos:**

```
-> tablados:=read_matrix(file_search("bacteria.dat"));
```

```
-> length(tablados);
```

```
-> T:=col(tablados,1)-T0;
```

```
-> P:=log(K/col(tablados,2)-1);
```

```
-> matrizdatos:=addcol(T,P);
```

**Método de los mínimos cuadrados:**

```
-> load(stats);
```

```
-> simple_linear_regression(matrizdatos);
```

**PARAMETROS: Estimación de los parámetros  $c$  y  $r$  de la ecuación logística:**

```
-> c:=exp(3.9727);
```

```
-> r:=-0.5285;
```

```
-> P:=K/(1+c*exp(r*(t-T0)));
```

**MODELO MATEMATICO: Comparación curva de datos y curva del modelo:**

```
-> datalist:=substpart(T",tablados,0);
```

```
-> plot2d[P,[discrete,datalist]],[1,0,20]$/
```

Created with wxMaxima.

**Programa 2.** Estudio del tratamiento de la arritmia con diferentes dosis de lidocaína (condiciones iniciales) según el peso del paciente:

```

--> load("C:/Users/ /Desktop/PROYECTOS 2/SEDLPOH.mac")$
--> A: matrix([-0.09,0.038],[0.066,-0.038]);
--> charpoly(A,%lambda);
--> factor(%);
--> eigenvectors(A);
--> v1:transpose([1,-0.800]);
--> z1:spab(-0.120,v1);
--> v2:transpose([1,2.169]);
--> z2:spab(-0.007,v2);
--> G:addcol(z1,z2);
--> rank(G);
--> determinant(G);
--> sghec2(G);

```

**CONDICIONES INICIALES:** Probar 60 Kg = 180 dosis, 72 Kg = 216 dosis, 84 Kg = 252 dosis // arritmia leve 3 mg por Kg, graves 4 a 5 mg por Kg

```

--> peso:60; dosis:3*peso;
--> Y0:transpose([0,dosis]);
--> sisconstec2(Y0),numer;
--> sphec2(-60.62,60.62);
--> solpal:list_matrix_entries(%);
--> wxplot2d(solpal,[t,0,150],[y,0,250]);

```

Created with wxMaxima.

# A PERUVIAN UNDERGRADUATE TEACHING EXPERIENCE IN CHEMICAL THERMODYNAMICS AND ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY: AEOLIPILES AND SOME EXPERIMENTAL DESIGNS INVOLVING THEM

Christian R. Samanamu, Ph.D.

*Department of Chemistry, University of Connecticut-UCONN (Connecticut, USA)  
Formerly at Department of Chemistry, Pontifical Catholic University of Peru (Lima, Perú)  
christian.samanamu@uconn.edu, samanamu.cr@pucp.edu.pe*

**Keywords:** Undergraduate chemical education, chemical thermodynamics, alternative sources of energy, aeolipile, aeolic energy.

**Palabras clave:** Educación química en pregrado, termodinámica química, fuentes alternativas de energía, eolípila, energía eólica.

## Abstract

Chemical thermodynamics is one of the most difficult topics to teach in college. This work describes the exploratory use of an ancient thermal machine (aeolipile) in order to introduce undergraduate science students to thermodynamic concepts associated to chemical processes. At the same time, by asking the students to build models of aeolipiles (using recyclable materials) and adapting their prototypes to work with aeolic energy, they were also introduced to preliminary ideas of alternative sources of energy. The results of this experience as well as the impressions collected from the students are described in this work.

## Resumen

La termodinámica química es uno de los conceptos más difíciles de enseñar en la universidad. Este trabajo describe el uso exploratorio de una antiquísima máquina térmica (eolípila) con el propósito de presentar, a alumnos de pregrado en ciencias, nociones de termodinámica asociadas a procesos químicos. Al mismo tiempo que se instruye a los alumnos en la construcción de eolípilas (con el uso de material reciclado) y al adaptar sus prototipos para realizar trabajo mecánico que emplea energía eólica, fue posible brindarles ideas preliminares sobre fuentes de energía alternativa. El presente trabajo describe los resultados de esta experiencia así como la recopilación de las impresiones de los alumnos.

## INTRODUCTION

The topic of chemical thermodynamics has been proved to be one of the most difficult topics to teach at the undergraduate level in college. There are several reports in the literature dealing with the difficulties students face in understanding the basic thermodynamic aspects of chemical processes. Some of these difficulties have been associated to a lack of a clear difference between heat and temperature,<sup>1</sup> chemical energetics and chemical thermodynamics<sup>2</sup> and energy of chemical bonds.<sup>3</sup> These difficulties, in some cases, lead to a superficial understanding of thermodynamics that does not go beyond a mere algorithmic solving ability.<sup>4</sup> As a consequence, students have misconceptions that prevent them from using thermodynamic concepts to explain some routine events and to find solutions to different daily tasks.

In order to surpass some of the previously described difficulties, we (the author and his teaching assistants) decided to develop an activity that could help students to learn the concepts of chemical thermodynamics in a more efficient way, and as well as to introduce them to the idea of alternative sources of energy. In that regard, this work deals with the preliminary exploration of the use of aeolipiles in order to explain some basic concepts in chemical thermodynamics and alternative sources of energy.

An aeolipile is a steam turbine invented by Hero of Alexandria (1st century A.D.).<sup>5,6</sup> It was a hollow sphere mounted so that it could turn on a pair of aligned hollow tubes that provide steam to the sphere from a cauldron (Figure 1). The steam escaped from one of more tubes located at the equator of the hollow sphere causing it to revolve. It is considered the first device to transform steam into work (rotary motion). Unfortunately, at the time of its invention it was only considered as a mere curiosity and was not given any practical use.



Figure 1. Diagram of an aeolipile. Adapted from reference (5).

Given the particular characteristics of aeolipiles we also decided to use them to introduce the topic of alternative sources of energy. In our case, we chose to work with the development of experimental designs of artisanal aeolipiles which could develop work but using aeolic energy. This kind of energy was chosen because it is freely available, some of the proposed activities were performed during class hours and students' safety was taken into consideration.

This experience was developed in the author's classrooms during the academic year 2012 when teaching Chemistry 2 (CHEM2) at the Pontifical Catholic University of Peru (PCUP). CHEM2 is a second semester chemistry course for undergraduate students in the Science General Studies Program at PCUP. CHEM2 is mandatory to all undergraduate students planning to acquire professional formation in any of

<sup>1</sup> SOZBILIR, M. (2003b). A review of selected literature on students' misconceptions of heat and temperature. *Bogaziçi University Journal of Education*, 20(1), 25-41.

<sup>2</sup> GOEDHART, M. J., Kaper, W., (2002). From Chemical Energetics to Chemical Thermodynamics, in J. K. Gilbert et al. (eds). *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*, pp. 339-362.

<sup>3</sup> BOO, H. K. (1998). *Students' Understandings of Chemical Bonds and the Energetics of Chemical Reactions*. *J. Res. Sci. Teaching*, 35, 569-581

<sup>4</sup> GRANVILLE, M. F. (1985). Student misconceptions in thermodynamics. *J. Chem. Ed.* 62(10), 847-848.

<sup>5</sup> *Steam: Its generation and use*, 41st edition, 2005, 1040 pp. The Babcock & Wilcox Company.

<sup>6</sup> *Lecture notes on thermodynamics*, Joseph M. Powers, University of Notre Dame, 2012, <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

the ten different majors offered in the Science and Engineering Department at PCUP such as: Chemistry, Mathematics, Physics, Electronic Engineering, Mechanical Engineering, Civil Engineering, Mines Engineering, Mechatronic Engineering, Industrial Engineering, Computer Systems Engineering, and Telecommunications Engineering. Being CHEM 2 the second introductory course to the chemical sciences, it deals with the study of the energetic changes that occur in chemical and physical processes as well as with the exploration of the viability of those processes from a thermodynamic and kinetic viewpoint. At the same time, the students use this knowledge in order to gain an understanding and, ideally, to find possible solutions to modern and global environmental problems. The specific chapters covered in CHEM2 are:

- Chapter 1: Thermodynamic aspects of chemical processes
- Chapter 2: Chemical kinetics
- Chapter 3: Chemical equilibrium
- Chapter 4: Electric energy and the chemical processes
- Chapter 5: Sources of chemical energy
- Chapter 6: Environmental chemistry

In order to promote a collaborative approach towards the development of the thermodynamics concepts involved in this experience, the students were allowed to organize themselves in teams of three to five members. This experience was divided into two stages. In the first one, we introduced the students to aeolipiles. They were also given a set of questions which were required to test their knowledge of thermodynamics by defining the type of system (closed, open or isolated) an aeolipile is. We also asked them to write down thermochemical equations for the combustion of given substances to make the aeolipile work. These last set of questions were related to what can be considered as the normal functioning of an aeolipile using different types of compounds that can be used as fuels (e.g. hydrocarbons and alcohols). By answering these questions, the students got familiar with the way an aeolipile works. As the final part of this initial stage, the students were asked to develop a prototype of an aeolipile using items such as plastics, cans, cardboard and wood. The only extra requirement for this last part was to find ways to make the hollow sphere of their aeolipiles revolve. The students were particularly surprised by this last assignment because they are usually not asked to build models at this stage of their education. The construction of models is usually reserved for advanced semesters and depends on them to majoring in the natural sciences or in any of the engineering degrees offered in the science department at PCUP. It was also interesting to note their enthusiasm in building these models and to find them asking about the ideal material to build them. And, of course, they were particularly intrigued to find mechanisms that make the aeolipile revolve. At the end of this first stage, they were asked to explain their work and prototypes in a short presentation (10 minutes) in front of the class. One of the presented designs is shown in *Figure 2*.



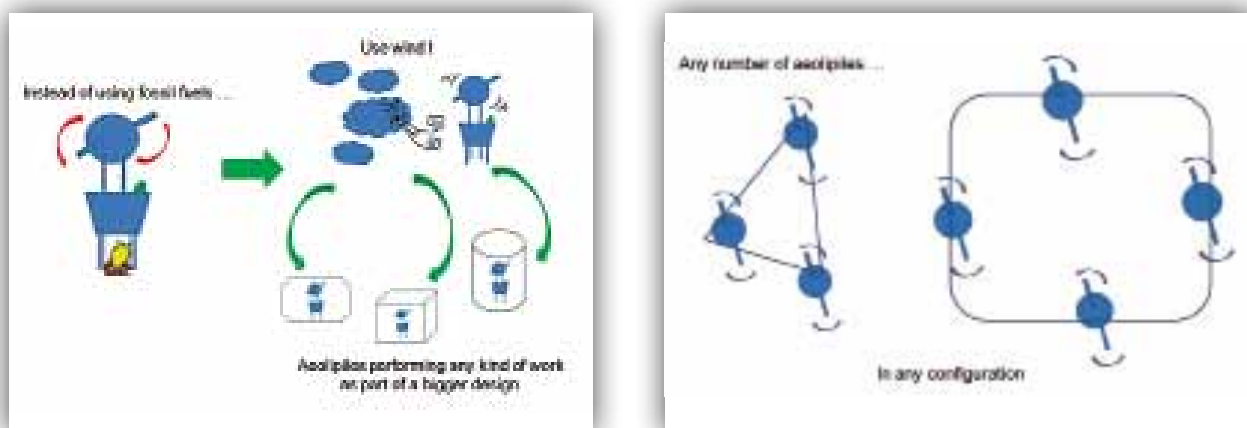
*Figure 2.* A design of an aeolipile presented by students of CHEM2 during the 1<sup>st</sup> stage of this experience.

The second stage of this experience, involved the use of their previously designed aeolipiles with the purpose of performing any kind of work but using wind as the main force. To fulfill this task, they were allowed to use an indefinite number of aeolipiles in order to make their design work as well as to freely change, if required, the initial configuration of their previous prototypes. In order to explain this idea

for the second stage, they were just given a basic set of graphic instructions. This set of instructions is shown in *Figure 3*.

In the classroom, using wind to illustrate chemical concepts is not new. A classic example is the work by Sawyer and Martens (1992)<sup>7</sup> in which they developed an equilibrium machine powered by air pressure in order to illustrate the concepts of equilibrium, activation energy and catalysis. Unfortunately, and to the best of our knowledge, we did not find any example in the literature on using aeolic energy to illustrate concepts in chemical thermodynamics and alternative sources of energy.

When we presented the set of graphic instructions to the students, they were not sure if their initial aeolipiles were able to produce any kind of work. And, even more surprising, they were not quite sure if wind can produce any significant kind of work. In order to provide them with a proper background for this second stage, we decided to cite a dramatic example of this option. Today, one of the most popular and exquisite examples of this concept is the development of «Beach beasts» (*Strandbeest*) by the Dutch physicist and kinetic artist Theo Jansen.<sup>8</sup> Beach beasts are large mechanisms made of Polyvinyl chloride (PVC) that are able to move on their own. They have been classified as wind-walking examples of artificial life. Jansen also has been able to create beasts that can store air pressure and use it to drive them in the absence of wind. They are known as self-propelling animals and the most notorious example is the *Ani-maris Percipere*. Based on this information, the students were updated regarding the real possibility of performing work using wind and they immediately started discussing about the role of their aeolipiles in their future designs. The details of the designed framework for this teaching experience and the corresponding results of the two stages of this experience are described hereafter:



*Figure 3.* 2<sup>nd</sup> Stage: Set of basic graphic instructions given to the students in order to perform work with their designed aeolipiles.

## METHODOLOGY

The project was designed in a collaborative learning environment. The topics addressed in this experience were the ones that correspond to chapters 1 and 6 of CHEM2 during the two academic semesters of 2012. These topics included: types of thermodynamic system, thermodynamic properties, heat, caloric heat, specific heat, heat of reaction, thermochemistry, Hess's law, Born-Haber cycle, renewable sources of energy and aeolic energy.

<sup>7</sup> SAWYER, D. J., MARTENS, T. E. (1992). An equilibrium machine. *J. Chem. Ed.* 69, 7, 551.

<sup>8</sup> JANSEN, T. Theo Jansen's Strandbeest, <http://www.strandbeest.com/>

## SAMPLING

The present study employed a descriptive approach in order to achieve the goals described above. Data was collected from one hundred twenty students enrolled in two different classrooms of CHEM2 during the academic year 2012. Each academic year has two semesters that ran for fourteen weeks each. This gives a total of 42 hours per semester in order to develop the six chapters related to the program of CHEM2. The development of all the concepts of the chapters involved in this experience (1 and 6) required twenty teaching hours according to the academic program of CHEM2. The students were given three weeks for the development of the first stage of this experience. For the second stage, the students were given six weeks. The students were organized in teams of three, four or five members. They were free to choose their working groups. The numbers of students enrolled in the author's classrooms are shown below (academic semester and name of the corresponding classroom) and they are classified according to their corresponding majors. At the time of this experience, the age of the students was between 16 and 18 years old.

Major	2012-2 (H-201)	2012-2 (H-204)
Chemistry	0	1
Mathematics	0	0
Physics	1	1
Electronic engineering	4	2
Civil engineering	13	1
Mines engineering	7	1
Mechatronic engineering	4	2
Industrial engineering	24	26
Computer systems engineering	4	4
Telecommunications engineering	0	2
Mechanical engineering	3	0
Total	60	60

## DATA COLLECTION TOOLS

### FIRST STAGE

For the first stage of this experience, the students were only required to answer the questions related to this chapter and to develop the prototype of an aeolipile. They were given 10 minutes to explain their prototypes. At the end of this stage, all the groups of students accomplished the goal of making their aeolipiles revolve understanding the way it works.

### SECOND STAGE

For the second stage, the instruments to collect information from the students were the development of what we decided to call technical reports and a final anonymous survey. In the technical reports, we asked every group of students to give us a draft of their idea of using an aeolipile to perform work using wind. We programmed the delivery of these technical reports every two weeks during the six week period to



develop the second stage of the experience. In that way, we were able to follow their progress towards a rational design and to share with them the possible alternatives to improve their designs.

### Technical reports

In the technical reports, we asked the students to provide the schematics and materials used in their designs to develop work using wind. We also asked them to provide their comments and impressions about the assembly process.

At the same time, we asked the students to explain their designs at the end of the 2<sup>nd</sup> stage of this experience. Their classmates were also allowed to ask questions and we were able to see a vibrant exchange of ideas which would help to improve their works. Some of these presentations and debates were recorded. They are available for free from following websites:

<https://www.facebook.com/Q2H20420122> (Accessed on June 2014)

<https://www.facebook.com/pages/Q2-H-211-2012-2/398555083544581> (Accessed on June 2014)

### Survey

At the end of the 2<sup>nd</sup> stage (which was the last class of the academic semester), we asked the students to complete an anonymous short survey (10 minutes approximately). It was our desire to know firsthand what they thought about the project, the difficulties they encountered and, of course, their suggestions for future experiences of this kind. This survey can be found in Appendix I. The percentages collected from this survey are reported in the results section and they are presented between parentheses for classrooms H-201 and H-204, correspondingly.

## DATA ANALYSIS

Students' responses to the questions were analyzed and percentages were calculated for the responses. Survey data were not subjected to rigorous analysis but rather were used to collect student's impressions of the project. The surveys were carried out in Spanish. The quotes reported in this paper are direct translations of the author's questions and the students' responses.

## RESULTS

The results and student's comments from the two technical reports are discussed. For the survey, its results are presented in the order of questions in the survey provided in Appendix I.

From the presentation of the first technical report, it was interesting to notice the variety of ideas the students had in order to develop their designs. It was also possible to see their ability to develop designs based in materials that were at hand (e.g. plastic bottles, cardboard and wood) as specified in the instructions given in class. At this point, the students experienced two main challenges. One of it was how to design a machine that would work effectively. They were put in a situation in which they had to use their knowledge and creativity since there were no references available in the literature on the use of aeolipiles to perform work. The second challenge they faced was related to the proper selection of materials in order to build their designs. They talked about the proper materials that would give the appropriate balance and would work well with wind («we need to work with light materials») but at the same time they were required to modify existing objects to accomplish that goal since not all the parts required to build their designs were commercially available.

After grading the technical reports, we had meetings with each group in order to know the details of their ideas as well as to provide suggestions. The students were very receptive and we were able to gui-

de them in order to accomplish their goal of developing a «working design». It is important to note that 80% of the designs presented in the first technical report were modified in the subsequent technical report. It was also interesting to notice that for the second report, the students were able to offer a more complete list of materials to use. At the same time they were finally convinced that it was really possible to perform work with aeolic energy. In fact, some of them brought to class, prototypes of their future designs.

The day of the final presentation of the designs, the students were given 10 minutes to present their work as well as to make them work in front of their classmates. Some of the presentations can be found in the webpages mentioned in the data collection tools section. During these presentations, all the groups started by defining an aeolipile as well as providing some thermodynamics concepts involved in the functioning of an aeolipile: type of thermodynamic system, thermochemical reactions for the combustion of fuels used in ancient aeolipiles, difference between heat and temperature and, in a particular case, they provided a physical explanation for the way an aeolipile work (See *Figure 4*). Then they proceeded to explain the evolution of their designs as described in their corresponding technical reports and they also commented about the problems they faced in the selection of proper material and to make their design work. Some groups even recorded the development of many prototypes en route to their final design.

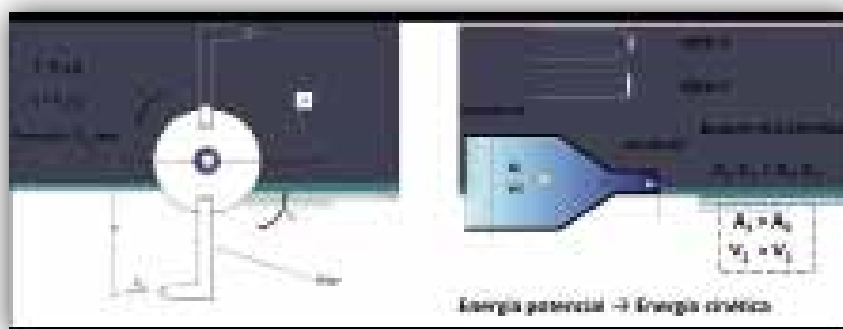


Figure 4. Set of slides presented by one group showing some physical concepts associated to the functioning of an aeolipile such as continuity equation (mass conservation), and potential and kinetic energies.

The use of aeolipiles in the presented designs was diverse. In some case, they adapt the aeolipiles to move plastic cars (60%), a wooden boat (20%), a film display to watch a movie (10%), a mechanical spider made of PVC tubes (5%) and a 15 inch anthropomorphic figure made of paper clips (5%).

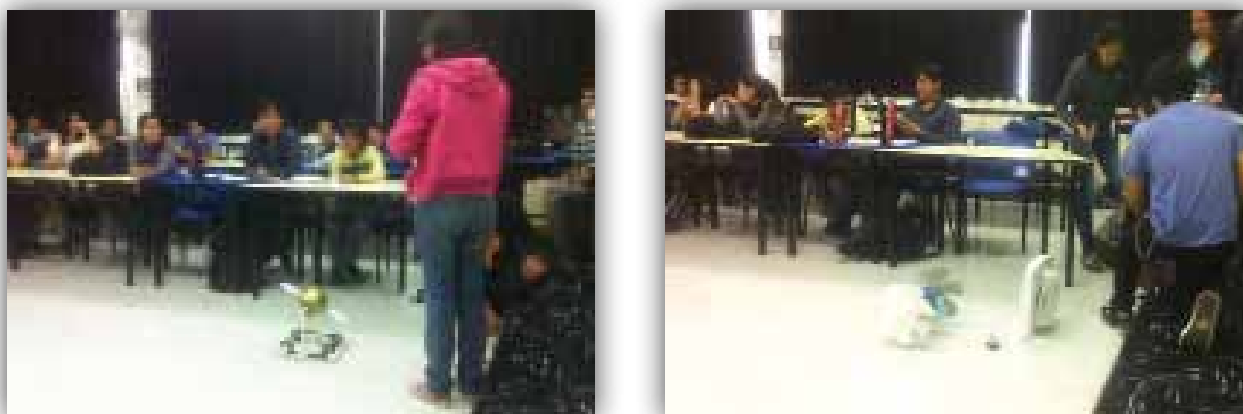


Figure 5. Students presenting their designs for the 2<sup>nd</sup> stage of the experience.

Since the demonstration was performed in class during the last semester session of CHEM2, the students brought fans and even air compressors to make their design work. Also, they found that in some cases (35%), their design did not behave as expected. Some of them did not work or even got broken while performing the demonstration. This did not affect their presentation since they were able to explain possible causes of failures. For example, they commented about the need to change the materials in some parts of their designs and, in some, cases they proposed to make radical changes in the whole design.

After their presentations, when they were asked if it would be necessary to use any kind of fuel to make their designs work. They agreed (100%) that wind could do the work. Also, they understood that they would need to improve their models in order to make the designs more efficient so that they can be compared (and eventually compete) with other designs that would work with different sources of energy.

In order to evaluate the impact of this experience on the students, we decided to use an anonymous survey (see APPENDIX I) to know their impressions firsthand.

The student's written responses to the first question showed that the majority of the students (82%, 85%) were able to understand the given instructions in order to work in this experience. In order to assure this level of understanding, the author and his teaching assistants approached every group (during class hours) in order to answer any question they might have. The students were very receptive to our instructions and orientation. The main problem reported in order to understand the instructions was the fact that the students were not sure if wind could perform any significant kind of work especially with an ancient machine (aeolipile).

When required to answer the second question («Did you modify your original design after the 1st technical report?»), a high percentage of students (86%, both classrooms) commented that they did modify their designs. When asked for more details about the modifications (question 3), the major reasons exposed were that they needed to make major changes in order to get a working design (70%, 74%), and that they had to select different materials in order to accomplish their goals (30%, 26%).

About the major difficulty they faced in developing the second stage of this project (question 4), they commented that imagination (51%, 58%); dimensions of the design (17%, 14%), assembly of the design (15%, 10%) and «to make air do the job» (17%, 18%) were the main challenges they faced. Finally, they explained their surprise that the chemical concepts taught in class was required to develop their mechanical designs (100% in both classrooms). As a generalized and final comment to the author, the students expressed that it would be a good idea to develop similar experiences associated to the other chapters of CHEM2. They considered that working with real life examples (and, in some cases, developing small scale prototypes) could help them to understand better the concepts taught in CHEM2.

## CONCLUSIONS

The described experience provided an exploratory framework to help undergraduate students understand chemical concepts related to thermodynamics and alternative sources of energy by using a prototype of an ancient thermal machine (aeolipile) and adapting it to work with aeolic energy. This experience helped the author to provide the necessary definitions associated with the aforementioned concepts. As a result, this project allowed us to offer the students a new alternative to help them learn and apply these concepts and, at the same time, to keep the necessary background associated to the solution of mathematical equations associated with these topics. We are currently working on the third stage of this experience in order to provide the students with ways of comparing the performance of their designs using fossil fuels or wind. We are also working on the development of similar projects using alternative sources of energy other than wind.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank all the students who kindly participated in the two stages of this experience during the second academic semester of 2012 at PCUP. Very special thanks go to the sixty students who initially participated in the 1st stage of this experience during the first academic semester of 2012 (<https://www.facebook.com/Quimica2H201?ref=hl>). Their feedback inspired the author to develop the second stage of this experience. A special mention goes to the author's former teaching assistants that helped him to improve the organization of activities for this work, and to help the students to reach the goals of this experience. Among them are Martin Cruzado, John Jauregui, Zelmira de la Cruz, Sandra Vargas and Zoila Moreano (PCUP). The author is also thankful to Professors Victoria Landa and Juana Robles (PCUP) for very helpful suggestions in writing this article. A special thank goes to Ebun Ojekunle (UCONN) for carefully reading the draft of this work. Additional information related to this work can be found at <http://prezi.com/xdddafjwuimw/aeolipiles-and-some-experimental-designs-involving-them/>.

## NOTE

While writing this article, it came to the attention of the author the development of a drivable car made of Lego pistons that runs on compressed air. This design was developed by a Romanian-Australian group. The car reaches a top speed of 18 mph and has zero emissions.<sup>9</sup>

## APPENDIX I

### SURVEY

1. Was it easy to understand the instructions?
2. Did you modify your original design after the 1st technical report?
3. If you did modify your design, explain why.
4. What was the mayor difficulty you faced in the development of your design?

---

<sup>9</sup> LEE, J. (2013). *Drivable Lego car built piece by piece*, <http://www.usatoday.com/story/news/nation-now/2013/12/19/lego-car-drives-air/4122939/> (Accessed on june 2014).



# **CONFERENCIA DE CLAUSURA**

---



## PROGRAMA EDUCATIVO «CENEAM CON LA ESCUELA»

Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM),  
perteneciente al Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN)

*Paseo José M.º Ruiz-Dana, s/n*  
*40109 Valsaín (Segovia)*  
*Tel: 921 471711 / 471744*  
*ceneam@oapn.es*

### ¿QUÉ ES EL CENEAM?

El Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM), perteneciente al Organismo Autónomo Parques Nacionales, tiene como objetivo principal incrementar la responsabilidad de los ciudadanos y ciudadanas en relación con el medio ambiente. Para este fin ofrece una serie de programas y recursos educativos dirigidos a grupos escolares, otros grupos organizados y también al público en general.

Además de los programas educativos, el CENEAM mantiene seminarios permanentes, cursos, programas de excursiones didácticas, exposiciones, otros programas dirigidos a las familias... un servicio de información y otro de documentación. Todo ello con el objetivo de servir tanto a la comunidad educativa como a la sociedad en su conjunto como herramienta para cumplir objetivos de responsabilidad con el medio ambiente.

El CENEAM se encuentra situado en la ladera norte de la sierra de Guadarrama, en la provincia de Segovia en el pueblo de Valsaín.

### ¿QUÉ ES EL PROGRAMA EDUCATIVO?

El «CENEAM con la Escuela» es un programa educativo que lleva en funcionamiento más de 20 años, en los cuales ha ido modificando sus objetivos, sus destinatarios, su metodología... en parte como resultado de las evaluaciones anuales llevadas a cabo por los educadores del CENEAM, en parte como consecuencia de cambios estructurales en el propio centro, y en parte por las opiniones de los docentes que participan en el programa, alma mater del mismo.

Va dirigido a todos los centros educativos del territorio español, tanto públicos como concertados y privados, y a sus alumnos y alumnas desde último ciclo de Primaria (5.º) hasta 2.º de Bachillerato.

Se estructura en cuatro niveles educativos, en cada uno de los cuales se diseñan objetivos diferentes y metodologías distintas. Estos niveles educativos son:

**Nivel I.-** «Un viaje alrededor del agua: de la sierra de Guadarrama a casa».



**Nivel 2.-** «Fauna diversa».

**Nivel 3.-** «El uso sostenible de los recursos naturales».

**Nivel 4.-** «Mejoramos nuestro entorno».

## ¿A QUIÉN VA DIRIGIDO CADA NIVEL Y QUÉ OBJETIVOS Y METODOLOGÍA TIENEN?

**NIVEL 1.-** «UN VIAJE ALREDEDOR DEL AGUA: DE LA SIERRA DE GUADARRAMA A CASA»

Se trata de una actividad que comenzó su andadura hace cuatro años. La idea surgió a partir del seminario «Voluntariado para la conservación de la biodiversidad en ríos y riberas»; este seminario se celebra anualmente en las instalaciones del CENEAM. Tras varias conversaciones con técnicos de la Confederación Hidrográfica del Duero, se vio la posibilidad de crear sinergias y tratar el tema del agua de un modo global y atractivo para los implicados.

Algunos de los datos que se extraen en nuestro programa forman parte del programa «World Water Monitoring Day (WWMD)» o «Día Mundial del Control de la Calidad del Agua» (programa educativo financiado y apoyado técnicamente por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente a través del Programa de Voluntariado en Ríos).

Formar parte de este programa internacional, que tiene como objetivo principal la sensibilización de los participantes sobre la importancia de la calidad del agua y de los ecosistemas acuáticos, conllevaba una serie de compromisos por parte del CENEAM y de los centros participantes.

- Semanalmente:
  - Realizar muestreos completos de parámetros físico químicos en tres masas de agua diferentes: arroyo Peñalara, cacera de Peñalara y río Eresma.
  - Realizar muestreo de macroinvertebrados acuáticos: captura, identificación y valoración de las especies encontradas y cálculo del índice de macroinvertebrados.
- Mensualmente:
  - Envío de los resultados de los muestreos a ADECAGUA para la elaboración del informe que se remite a la Confederación Hidrográfica del Duero y a la Water Environment Federation (WEF) y de la European Water Association (EWA).

El equipo educativo del CENEAM quería tratar el agua en la sierra de Guadarrama, ya que lo considera un tema de vital importancia. Se había observado que el alumnado que participa en otros programas educativos tenía una información muy deformada de la problemática del agua y conceptos poco claros sobre este tema. Un porcentaje alto, cuando se trataba el tema del agua dentro del bosque, tenía unos conocimientos previos muy simples o erróneos del agua y de su problemática.

Se observaba que el alumnado recibe información ambiental a través no solo de los docentes, en las aulas, sino de los medios de comunicación, de las redes sociales, de su propia experiencia... Información de todo tipo sobre un elemento que se observaba que no era percibido como problema inicial porque el agua...

- Es barata.
- Llega rápida y mágicamente a casa.
- Tener un elevado consumo de agua (piscinas, jardines...) está no solamente bien aceptado, sino considerado un modelo a seguir.

- No está incorporada a ninguna cultura de medición de nuestros consumos, así pues no tenemos parámetros comparativos para conocer nuestro consumo y mucho menos nuestra capacidad de ahorro.

El equipo se proponía con este programa, en el que el elemento protagonista es el agua, transformar esa información previa, en algunos casos errónea, y se ponía como objetivo poder incidir en el proceso educativo de nuestros destinatarios, de tal manera que se pudiese pasar de alumnos informados a alumnos formados...

- para tomar decisiones personales responsables con el agua
- para incidir en la búsqueda de soluciones personales y colectivas
- para participar en proyectos tanto individuales como comunitarios...

### Destinatarios

Alumnos/as del último ciclo de Primaria y primer ciclo de ESO.

### Objetivos

- Conocer el agua en la sierra de Guadarrama.
- Participar en el estudio del río Eresma.
- Reflexionar sobre la problemática del agua.
- Analizar las posibles acciones individuales y colectivas que pueden realizar desde su casa o su centro educativo para tener un uso y un cuidado racional de un elemento vital para la vida.

### Conocer

- Los indicadores que inciden en la pureza de las aguas (turbidez, temperatura, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, ph, nitratos y dureza del agua).
- Los métodos de medición y los protocolos de actuación internacionales.

### Valorar

- La importancia del agua para la vida de todos los seres.
- Nuestra implicación en su conservación a través del respeto y la no contaminación.
- Se les pone en contacto con otros colectivos para que se planteen entrar en procesos participativos de defensa del recurso agua.





### La visita

*Trabajo en el interior del centro:*

- A través de diferentes recursos y actividades didácticas, se descubrirán los secretos del agua y la problemática de un recurso tan valioso.

*Trabajo en el exterior:* Itinerario guiado «Sierra de Guadarrama: el agua y el río Eresma»

- Número máximo de participantes: 32 alumnos.

### NIVEL 2.- TALLER «FAUNA DIVERSA»

El equipo educativo del CENEAM considera importante tratar el tema de la fauna y la biodiversidad en la sierra de Guadarrama. Se observaba que la fauna era un tema cercano a los centros de interés de los alumnos a los que se dirigía este nivel educativo y servía como elemento motivador para introducir la biodiversidad y la conservación de los montes de Valsaín.

Se había observado, que el alumnado que participa en otros programas educativos tenía un interés especial en todos los temas relacionados con los animales que habitan estos bosques. Se consideró oportuno tratar la biodiversidad ecológica y la conservación a través de uno de sus centros de interés: la fauna de los montes de Valsaín.

Algunos de los objetivos educativos que se introdujeron al tratar el tema de la Fauna permitieron aprovechar el entorno del CENEAM y poner a los alumnos en contacto con el medio ajeno a su realidad cotidiana; establecer parámetros de convivencia, aprender sobre la Naturaleza «in situ» potencia valores significativos y emocionales de importancia para el desarrollo integral de los alumnos.

Perder, por un día, lo estático de la clase frente a lo dinámico de un espacio abierto, entender otros paisajes, otros modos de vida y otras realidades animales en entornos poco conocidos fueron objetivos básicos en este programa.

«FAUNA DIVERSA» surgió fundamentalmente de ese aspecto observado a lo largo de los años: la importancia que daban los alumnos a observar animales en su entorno natural.

Ante la dificultad que supone cumplir este objetivo, se pensó en la posibilidad de diseñar un programa que potenciara la búsqueda de restos y rastros de animales habitantes de estos bosques. No pueden verse pero están, y nosotros estamos en su entorno, solo hay que observar.

Con este taller los alumnos conocieron, por segundo año consecutivo, la diversidad de especies que pueden habitar en un bosque como el que rodea al CENEAM, la importancia de su conservación y nuestro papel en ese objetivo.

### Destinatarios

Alumnos/as de último ciclo de Primaria y primer ciclo de la ESO.

*No los vemos con facilidad pero están ahí...*

### Objetivos

- Poner en contacto a los alumnos con un espacio poco conocido.
- Potenciar su capacidad de observación con un tema atrayente.
- Reconocer que somos parte de los ecosistemas.
- Potenciar los cinco sentidos y aprender a mirar con otros ojos.
- Demostrar el concepto de diversidad con ejemplos en el propio bosque.
- Identificar diferentes especies animales que pueblan los bosques de Valsaín y aprender algún rasgo sobre su comportamiento.
- Conocer y utilizar diferentes mecanismos de reconocimiento de animales.
- Reflexionar sobre la importancia de los diferentes bosques de la sierra de Guadarrama y de su conservación.



### La visita

*Trabajo en el interior.* Taller didáctico donde se tratan los siguientes aspectos:

- El comportamiento de los animales.
- Huellas y rastros en el medio natural.
- Cómo descubrir los rastros en el entorno.



*Trabajo en el exterior:* Pondremos en práctica lo aprendido en la «Senda de rastreo».

- Número máximo de participantes: 32 alumnos.

### NIVEL 3.- «EL USO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES»

De la buena gestión de los recursos naturales depende la vida del ser humano en el planeta. Nuestra relación con el medio debería dar lugar a un sistema equilibrado entre la conservación y el desarrollo. Es posible mantener grados de bienestar sin esquilmar los recursos naturales del planeta. El desarrollo sostenible, la gestión sostenible de los recursos es una tarea en la que debemos participar todos, en primer lugar, desde el entendimiento de la relación hombre-medio; en segundo, desde la participación, contribuyendo desde nuestro modo de hacer y consumir al mantenimiento de los recursos; y en tercero, desde el respeto a lo más pequeño, porque todo vale para las generaciones futuras.

Desde el CENEAM pretendemos proporcionar sugerencias y recursos educativos para conseguir que los alumnos puedan entender la relación existente entre el hombre y su propio medio. A través de ejemplos reales de gestión sostenible, y un marco como el bosque de Valsaín, con un itinerario de tres horas como herramienta educativa, pondremos al alumno en contacto con una realidad: el uso sostenible de los recursos naturales.

#### Destinatarios

Alumnos/as de 4.º de ESO, Bachillerato y Ciclos Formativos.

¿Es posible el equilibrio entre desarrollo y conservación?

#### Objetivos

- Reconocer la diversidad de intereses y condicionantes que se plantean a la hora de aprovechar los recursos naturales.
- Explorar la noción de uso sostenible de los recursos naturales.
- Analizar la idea de uso eficiente de los recursos naturales y aplicarla en ejemplos de la vida cotidiana.

#### Objetivos de la jornada en el CENEAM

- Explorar la noción de uso sostenible de los recursos naturales a través de un caso práctico: la extracción de maderas en el bosque de Valsaín.
- Reconocer diversos intereses y perspectivas respecto del uso de los bosques, desde la conservación y el desarrollo.
- Descubrir algunos de los valores naturales, culturales, sociales que se pueden encontrar dentro del entorno del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama.





### Contenidos básicos

- Recursos naturales renovables y tasas de renovación.
- Extracción y aprovechamiento sostenible.
- Diversidad de intereses y perspectivas con respecto al uso de los recursos.
- Beneficios, servicios y usos múltiples de los bosques.

### La visita

La jornada de trabajo en el CENEAM se centra en:

- Realización de un itinerario educativo (tres horas de duración), para descubrir sobre el terreno aspectos relacionados con el uso de los recursos naturales en el monte de Valsaín.
- Realización de un juego de simulación sobre la gestión del monte.

Número máximo de participantes: 32 alumnos.

### NIVEL 4.- «MEJORAMOS NUESTRO ENTORNO»

Este último nivel del programa educativo tiene como objetivo la participación comunitaria o individual en la resolución de problemas que puedan afectar al medio ambiente. Desde sus inicios el programa sigue, un hilo conductor de conocer, reconocer, decidir y, finalmente, participar.

Parece evidente que el «paso a la acción» de los seres humanos para hacer compatible la calidad de vida y la conservación empieza a ser una necesidad.

En los objetivos de la educación ambiental dados en cualquier congreso, seminario, reunión se destaca la participación para la resolución de problemas ambientales como fórmula voluntaria y efectiva a favor del ambiente.

La participación ambiental ha sido definida como el proceso de implicación directa de las personas en el conocimiento, la valoración, la prevención y la corrección de problemas ambientales (DE CASTRO, 1998). De forma más genérica, la participación es el proceso ambiental en el cual los individuos toman decisiones sobre las instituciones, programas y ambientes que les afectan.

### Destinatarios

Alumnos/as de Bachillerato, Escuelas Taller, PCPI, Ciclos Formativos...

¿Cómo pasar de espectador a actor de la mejora de nuestro entorno? Este programa nos proporcionará pautas para entender el paisaje y reconocer sus cambios, y nos dará la posibilidad de realizar diversas actividades prácticas.

### Objetivos

- Mejorar la capacidad de interpretación del paisaje.
- Dotar de estrategias para detectar y analizar los problemas ambientales y diseñar posibles acciones de mejora o resolución de los mismos.
- Capacitar para actuar en casos concretos.
- Fomentar la participación, individual y colectiva, en la elaboración y puesta en marcha de algún plan de mejora ambiental en entornos cercanos.
- Descubrir algunos de los valores naturales, culturales, sociales que se pueden encontrar dentro del entorno del Parque Nacional sierra de Guadarrama.



### Objetivos de las jornadas en el CENEAM

- Desarrollar actividades de interpretación del paisaje.
- Realizar actividades prácticas para el conocimiento y la intervención positiva en el entorno.



### La visita

La jornada de trabajo en el CENEAM se centra en:

- Observación y análisis del paisaje desde un lugar elevado en el interior del bosque.
- Reconocimiento de impactos y modificaciones en el paisaje por la intervención humana.
- Desarrollo de pequeñas intervenciones de mejora ambiental.
- Senda interpretativa.

La visita es de dos días de duración, por lo que se facilita alojamiento gratuito en las instalaciones del CENEAM. En el segundo día, las actividades prácticas ocuparán media jornada, finalizando la actividad a la hora de comer.

Número máximo de participantes: 20 alumnos.

### ¿CÓMO PARTICIPAR?

Se puede participar en cualquiera de los niveles expuestos; solamente para los niveles 3 y 4 se lleva a cabo una jornada preparatoria de carácter obligatorio para los profesores que participan por primera vez en algún nivel y para aquellos que llevan más de dos años sin participar.

Para participar en alguno de estos cuatro programas, deberá cumplimentar la correspondiente ficha de inscripción y enviarla al CENEAM.

«CENEAM - Programas educativos»

Paseo José María Ruiz Dana s/n

40109 VALSAÍN (Segovia)

Tlf. 921 473 880

int.ceneam@oapn.es



Dirección editorial: **Antonio Brandi**

Dirección de arte: **José Crespo**

Jefe de desarrollo de proyecto: **Javier Tejeda**

Dirección técnica: **Jorge Mira**

Confección y montaje: **Artext Ediciones, S.L.**

Corrección: **Gema Moreno**

Coordinación técnica: **Francisco Moral**

© 2015 de la obra completa.

Marisa González Montero de Espinosa,  
Alfredo Baratas Díaz y Antonio Brandi Fernández

Servicios editoriales y maquetación

Santillana Educación, S. L.

Avda. de los Artesanos, 6.

28760 Tres Cantos, Madrid

PRINTED IN SPAIN

ISBN: 974-84-680-3013-5

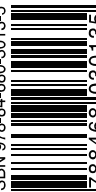
CP: 673959

Depósito legal: M-9190-2015

Todas las imágenes que se incluyen en esta obra han sido aportadas por los autores de cada uno de los trabajos. La responsabilidad de su publicación corresponde única y exclusivamente a dichos autores.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

ISBN 978-84-680-3013-5



9 788468 030135

## Colaboran



Universidad  
Complutense  
Madrid

