# Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato

## IV 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)

SANTILLANA

**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:**

Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM).
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).
Real Sociedad Española de Física (RSEF).
Real Sociedad Española de Química (RSEQ).
Organismo Autónomo Parques Nacionales. CENEAM.
Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA).

**COMITÉ CIENTÍFICO:**

Pilar Calvo de Pablo (Real Sociedad Española de Historia Natural).
Ángel Ezquerra Martínez (RSEF. Facultad de Educación de la Univ. Complutense de Madrid).
Ángel Herráez Sánchez (Univ. de Alcalá de Henares).
M.ª 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).

**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.epinut.ucm.es).

**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


**Presentación del decano del Colegio de Doctores y Licenciados** . . . . . 9

**Introducción** . . . . . 11

**Conferencia inaugural** . . . . . 13

*Rompiendo barreras en pos de una ciencia accesible*
García Franck, Alejandra . . . . . 15

**La ciencia en el aula: materiales y experiencias** . . . . . 25

*ENGAGE: Investigación e Innovación Responsable (RRI) en la enseñanza de las ciencias*
Alcaraz-Domínguez, Silvia; Garrido, Belén y Barajas, Mario . . . . . 27

*MCAI: un modelo atómico de orbitales para Bachillerato*
Arenas Hinojosa, Pedro Nilo . . . . . 33

*Donde ahora hay, ¿antes hubo? Cómo el modelo de ser vivo nos ayuda a entender la conservación de los alimentos y poderla llevar a cabo*
Burgoa Etxaburu, Miren Begoñe . . . . . 43

*Yo no tengo miedo a trabajar por proyectos ¿Te atreves a aplicarlo en tus clases?*
Fernández González, M.ª Mercedes y Alonso Martínez, Ana . . . . . 53

*Jugando con la tabla periódica*
Gallardo Gutiérrez, María de los Reyes . . . . . 59

*La contaminación por partículas en las ciudades*
García Ruiz, Andrés . . . . . 65

*Trabajo cooperativo en el aula de ciencias, adquisición de competencias para toda la vida*
Gato Bermúdez, María José . . . . . 73

*Propuesta de actividades para trabajar el pensamiento crítico mediante la publicidad*
Gutiérrez Seijas, Julia María; Ezquerra Martínez, Ángel y Martín Ortiz, Mamen . . . . . 81

*Aula científica de Física y Química*
Hernández Rubio, Omayra . . . . . 87

*Caracterización cualitativa de suelos: un paso hacia la comprensión de sistemas complejos en Bachillerato*
Lopera Pérez, Marisol . . . . . 97

*Investigaciones sobre ecología vegetal realizadas por alumnos del IES Maestro Matías Bravo*
Martín Blanco, Carlos J. y Martín Nieto, Sofía . . . . . 107

*Investigaciones medioambientales realizadas por alumnos del IES Maestro Matías Bravo*
Martín Nieto, Sofía y Martín Blanco, Carlos J.. . . . . 117

*Estudio sobre la aplicación de los conocimientos de ciencia a los productos de belleza*
Martín Ortiz, Mamen; Ezquerra Martínez, Ángel y Gutiérrez Seijas, Julia María . . . . . 125

*Armas químicas: un tema para la formación en competencias*
Martín Sánchez, Manuela; Pinto Cañón, Gabriel; Martín Sánchez, María Teresa y Hernández Hernández, José María . . . . . 133

*Extracción y análisis de productos naturales, una práctica de laboratorio de Química Orgánica a introducir desde el nivel de ESO-Bachillerato*
Toledo Marante, Francisco Javier . . . . . 143

*La tabla periódica: una nueva visión a lo largo de tres años*
Vázquez Mínguez, Óscar y Prada Alonso, Alexandra . . . . . 153

*¿Qué pasa aquí dentro?*
Vergaño Vera, Eva y Cárdenas Domingo, M.ª Aránzazu. . . . . 161

**La ciencia fuera del aula . . . . . 167**

*Los museos de ciencias en la formación de los futuros profesores. Una experiencia de aprendizaje-servicio*
Arbués, Elena . . . . . 169

*Argumentación y modelos explicativos sobre conceptos relacionados con los gases*
Gálvez Idárraga, José Julián y Ruiz Ortega, Francisco Javier. . . . . 179

*ZOOMÓVIL*
García Moreno, Ana y Moreno-Eiris, Elena . . . . . 187

*Contribución de las visitas didácticas al proceso de enseñanza-aprendizaje en alumnos con dificultades de aprendizaje*
Magaña Ramos, Marina; Fernández-Sánchez, Belén y Caballero Armenta, Manuela. . . . . 193

*El museo de la ciencia y la tecnología escolar como modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje*
Pastor Pérez, José Tomás . . . . . 199

**Ciencias 2.0. Aplicaciones docentes de las TIC . . . . . 209**

*Arbolapp: una aplicación del CSIC para identificar árboles ibéricos y baleares*
Actis Monserrat, Eduardo . . . . . 211

*Youtube como recurso didáctico para el aprendizaje de la física mediante la argumentación*
Calvo Pascual, M. Araceli . . . . . 219

*Prácticas de química orgánica posibles gracias a las nuevas tecnologías*
García Armada, M.ª Pilar y Fernández-Avilés Pedraza, Daniel. . . . . 229

*Uso de* smartphones *en experimentos de física en el laboratorio y fuera de él*
González Rebollo, Miguel Ángel y González, Manuel Ángel . . . . . 239

*Rocas, minerales y matemáticas o cómo aplicar la matemática en el estudio de la Tierra*
López González-Nieto, Pilar y Lahoz-Beltrá, Rafael . . . . . 249

*Uso de los laboratorios virtuales como TAC para el desarrollo de la competencia científica*
Moreno Mediavilla, Daniel; Pascual López, Virginia y Palacios Ortega, Alicia . . . . . 257

*Aprender análisis de componentes principales (PCA) utilizando los datos de calidad del aire de Madrid*
Pérez Arribas, Luis Vicente; de León González, María Eugenia y Rosales Conrado, Noelia . . . . . 269

*Integración educativa de proyectos con TIC mediante herramientas de agregación (*padlet*)*
Rosa Novalbos, David . . . . . 279

Keep calm & *completa el ciclo celular*
Sánchez Sánchez, Noelia . . . . . 289

**Formación del profesorado y experiencias docentes universitarias . . . . . 295**

*Propuesta de contenidos científicos sobre biomasa en el contexto de un proyecto multidisciplinar de energías renovables*
Arias Ávila, Nelson y Tricio Gómez, Verónica . . . . . 297

*Burbujas de $CO_2$ para aprender química: una propuesta didáctica basada en la indagación*
Charro, María Elena y Charro-Huerga, Esther . . . . . 309

*Un estudio Delphi para promover la formación del docente de ciencias en materia de salud*
Charro-Huerga, Esther y Charro, María Elena . . . . . 317

*Proyectos para la enseñanza de las ciencias del pasado como fuentes de recursos en el presente: el Proyecto CIB del IEPS (1975-1992) para el estudio de textos científicos*
Coballes Redondo, Alicia y Calvo Pascual, M. Araceli. . . . . 325

*Modelos explicativos sobre el concepto de infarto al miocardio*
García Castro, Giovanni y Ruiz Ortega, Francisco Javier . . . . . 333

*La utilización de modelos en la enseñanza de las ciencias experimentales: el geiser*
García Ruiz, A. . . . . 343

*Titular después de los… Escuelas de adultos, una apuesta de futuro*
Jiménez Taracido, Lourdes y Baridon Chauvie, Daniela . . . . . 349

*Diseño de un taller de electrotecnia*
Laso Salvador, Sandra y Ruiz Pastrana, Mercedes. . . . . 359

*La Educación Ambiental en la formación inicial de grados y másteres*
Merino Maldonado, M. Carmen; Morán Cuadrado, Rosario; Perdices Madrid, M. Carmen; Ruiz Alonso, M. José . . . . . 367

*La química en el aula a través de su historia: de la alquimia a las noticias científicas actuales*
Moreno Martínez, Luis . . . . . 377

*Estudio de la continuidad de los elementos del currículo de Ciencias Naturales y Biología y Geología en la educación obligatoria en la Comunidad Valenciana*

Notari Llorens, Meritxell; Pardo Fabregat, Francisco; Jordán Vidal, Manuel Miguel . . . . . 385

*¿Y tú de quién eres? Una propuesta didáctica sobre genética basada en la investigación dirigida del* Tyrannosaurus rex

Palacín Fernández, María y Jiménez-Taracido, Lourdes . . . . . 393

*Conocimiento del ciclo celular en docentes de ciencias*

Pérez Martín, José Manuel y Aquilino, Mónica . . . . . 403

*Enfriamiento del agua en recipientes cerámicos porosos: un recurso para la formación en competencias*

Pinto Cañón, Gabriel; Martín Sánchez, Manuela y Martín Sánchez, María Teresa . . . . . 413

*¿Cómo enseñamos a analizar la dieta a estudiantes de Magisterio?*

Rodrigo Vega, Maximiliano; Ejeda Manzanera, José Manuel y Peña Martínez, Juan . . . . . 423

*La indagación como metodología para promover el aprendizaje de las competencias curriculares en Física y Química. Una experiencia en el máster en formación del profesorado*

Rodríguez Arteche, Íñigo y Martínez Aznar, M. Mercedes. . . . . 433

*Demostraciones prácticas de análisis químico para 4.º ESO*

Rosales Conrado, Noelia; de León González, María Eugenia y Pérez Arribas, Luis Vicente . . . . . 443

*La reflexión sobre la práctica: una herramienta indispensable para movilizar el pensamiento del docente en formación*

Ruiz Ortega, Francisco Javier . . . . . 453

*Primeros resultados de la adaptación en España y Argentina de Chemie im Kontext, una metodología alemana de didáctica de la Química en Educación Secundaria*

Sánchez Díaz, Ignacio y Di Fuccia, David Samuel . . . . . 461

*Conocimiento social de la Evolución y Biología Humanas: estado de la cuestión y propuestas para una actualización de contenidos curriculares en la enseñanza secundaria y universitaria*

Tomás, Rafael y Varea, Carlos . . . . . 469

*Un proyecto docente: talleres de óptica en el Año Internacional de la Luz*

Tricio Gómez, Verónica y Viloria Raymundo, Ramón . . . . . 479

# Presentación del decano del Colegio de Doctores y Licenciados

La cuidada edición y publicación de las Actas de IV Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza que representa este volumen es, de nuevo, ocasión para agradecer a la editorial Santillana su valiosa aportación, mantenida desde la primera edición.

Lo es también para extender nuestros parabienes a los organizadores del Congreso que se esfuerzan en estos años por volver a convocarlo, su trabajo es merecedor de todo nuestro reconocimiento.

Del mismo modo es de justicia felicitar, de manera muy especial, a los profesores que se esfuerzan en el día a día para que sus alumnos comprendan los fundamentos científicos del mundo en el que vivimos. Sus experiencias expuestas en estas Actas son testigo de un valioso trabajo de investigación que contribuye, de manera decisiva, a la mejora de la enseñanza de las ciencias en nuestro país.

No podemos sino alegrarnos por la continuidad de estos Congresos que demuestran la vitalidad y la mejora de muchos aspectos y líneas de trabajo que se desarrollan en el sector educativo.

Roberto Salmerón Sanz

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

# Introducción

La educación es uno de los pilares fundamentales de la sociedad, interviene en el progreso democrático, contribuye al crecimiento del país y pone las bases para asegurar la igualdad social y la libertad de los individuos. En definitiva, tal y como decía Nelson Mandela, «la educación es el arma más poderosa para cambiar el mundo».

Continuamente, en nuestro país, se plantea la necesidad de mejorar el patrón educativo. Pero una de las premisas fundamentales para conseguirlo es evitar que cada nuevo Gobierno establezca su propio modelo. Para ello es imprescindible abandonar los enfrentamientos ideológicos y consensuar un pacto por la educación que respalden todos los partidos políticos y que sea apoyado y defendido por los integrantes de la comunidad educativa.

Obviamente, hay que recordar que la clave del éxito de cualquier ley educativa radica en el profesorado. En este sentido, la mejora de los resultados obtenidos por los docentes se debería apoyar, por lo menos, en tres pilares: el primero, la recuperación efectiva de su prestigio a nivel social, tan menguado últimamente. De ese modo, esta profesión podría atraer a las personas más competentes, motivadas y con mayor vocación por esta actividad.

El segundo, no menos importante, sería la disminución de la carga lectiva, ya que los enseñantes de Primaria y Secundaria en España dedican más tiempo a la docencia directa que el promedio de los países de la Unión Europea. Es incuestionable que esa sobrecarga repercute negativamente en la preparación, investigación y organización de sus disciplinas.

En tercer lugar, resulta primordial para el desarrollo profesional del profesorado la promoción de la formación continua, el desarrollo de actividades de innovación pedagógica y el trabajo coordinado con otros compañeros de la misma o distinta materia.

En todos estos aspectos intenta incidir el Congreso de Docentes de Ciencias, que ha llegado a su cuarta edición. En esta, lo mismo que en las anteriores, se han debatido y elaborado propuestas sobre recursos y métodos de enseñanza-aprendizaje; se ha hecho un esfuerzo para actualizar la docencia de estas disciplinas con las nuevas tecnologías aplicables en el aula y, por último, se han intercambiado ideas y experiencias entre profesionales de las enseñanzas científicas.

Nos sentimos muy satisfechos porque en estas jornadas que ahora se editan han aumentado considerablemente tanto la cantidad de asistentes como el de ponencias defendidas respecto a la primera edición. Así, se ha pasado de 92 inscritos en 2010 a 174 en la presente convocatoria y hemos subido de 24 comunicaciones a 85. Igualmente se ha incrementado el número de lugares de procedencia de los docentes, ya que, en este intercambio pedagógico de 2016, han acudido a la capital numerosos docentes de distintos países europeos y latinoamericanos y, ya dentro de nuestras fronteras, han estado representadas todas las Comunidades Autónomas.

Por otra parte, es obligado nombrar las instituciones que han colaborado activamente en la organización de este evento, como el Colegio Profesional de la Educación (CDL), que ha puesto todos sus medios y personal al servicio del Congreso; la Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), que nos dio toda su hospitalidad y nos cedió sus mejores espacios; la editorial Santillana, que ha afrontado la publicación de estas actas y, por último, el grupo de investigación EPINUT de la mencionada universidad, cuyos miembros –y especialmente el Dr. Ángel Herráez– nos aportaron su tiempo y su profesionalidad.

Además, tampoco se puede olvidar a otros organismos que han contribuido en la difusión de este simposio, como el Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid (COBCM), la Real Sociedad Española de Historia Natural (RSEHN), la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM), la Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA), el Colegio Oficial de Físicos (COFIS) y el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Mención especial merecen otras instituciones como la Real Sociedad Española de Física (RSEF) y la de Química (RSEQ) que subvencionaron la visita de los congresistas al Centro de Educación Ambiental (CENEAM) en Valsaín. Este centro de referencia dependiente del Organismo Autónomo de Parques Nacionales (OAPN) nos abrió sus puertas y nos mostró el apoyo que puede proporcionar a la comunidad educativa.

Finalmente, queremos manifestar nuestro enorme reconocimiento a todos los participantes, que han sido los auténticos protagonistas y que son los responsables fundamentales de que este intercambio didáctico y científico haya producido tan excelentes frutos.

Muchas gracias a todos.

El Comité Organizador,
Marisa González Montero de Espinosa
Alfredo Baratas Díaz
Antonio Brandi Fernández

# Conferencia inaugural

# Rompiendo barreras en pos de una ciencia accesible

Alejandra García Franck, Omid Fesharaki

*Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid*
*Calle José Antonio Novais 12, 28040 Madrid*

**Palabras clave:** Divulgación inclusiva, ciencia accesible, diversidad funcional

**Keywords:** Inclusive dissemination, accessible science, functional diversity

**Resumen**

La divulgación científica es una actividad que debe transcender la mera información sobre contenidos científicos: debe poner en contexto las distintas conexiones entre público y ciencia, con el propósito de proporcionar suficientes puntos de apoyo para que el profano pueda comprender esta última con una perspectiva lo suficientemente amplia. La asociación Ciencia sin Barreras tiene el objetivo de fomentar la divulgación de la ciencia entre personas con diversidad funcional o que no hayan tenido un acceso amplio a contenidos científicos. La ciencia es una de las expresiones más inherentemente humanas de nuestra relación con el medio natural y es, por tanto, una expresión cultural que debe ser conocida y apreciada por todos. Para lograrlo es necesario tener en cuenta una serie de premisas antes de realizar las acciones divulgativas (diseñadas bajo la óptica del Diseño Universal) y contar con la colaboración de especialistas y de los propios participantes. La expresión «nada sobre nosotros sin nosotros» (en su versión inglesa, «*nothing about us without us*») comenzó a utilizarse por activistas a favor de los derechos de las personas con discapacidad a partir de 1990. Es una puntualización muy importante a la hora de diseñar cualquier actividad científica divulgativa, ya que se trata de eliminar todas las barreras a la participación y de lograr un cambio de actitud ante la discapacidad que reconozca el enriquecimiento social que puede derivar si fomentamos las actividades de inclusión.

El IV Congreso de Docentes en Ciencias es un foro de reunión de profesionales de la educación perfecto para dar un paso adelante en este sentido, ya que las diferentes secciones que lo integran son susceptibles de enriquecerse si se tienen en cuenta pequeñas adaptaciones para lograr que todas ellas sean accesibles para todos.

**Abstract**

Scientific dissemination must transcend the mere action of transmission of scientific contents. It should put into context the various connections between People and Science in order to provide enough support points for that unexperienced public can understand the professionals in a wide-ranging way.

The Spanish Association «Science without Barriers» aims to promote Science among people with functional diversity and those who do not have extensive access to scientific knowledge. Science is one of the most inherently human expressions of our relationship with the natural environment, and is therefore a cultural expression that must be known and valued by everyone. To achieve this goal it is necessary to keep in mind a number of assumptions before making dissemination actions (designed under Universal Design's perspective) and cooperate with specialists and participants.

The expression «nothing about us without us» came into use in disability-activism in the 1990's. It is a very important clarification that should be taken into account when designing any scientific dissemination activity, since it means to eliminate all barriers to participation and achieve an attitude's change which recognizes the social enrichment that could result if we promote inclusion activities.

The «IV Congreso de Docentes en Ciencias» is the perfect forum for meeting educational professionals and to take a step forward. The different approaches are likely to be enriched with minor adaptations to ensure that are accessible to all.

## 1. Introducción

La primera pregunta que nos hemos planteado al elaborar este documento es: ¿por qué hay que divulgar la ciencia entre la población? La última encuesta bianual de Percepción Social de la Ciencia (2015)[1], pone de manifiesto que los españoles hemos mejorado nuestro conocimiento sobre ciencia en la última década, pero a pesar de esta mejora, refleja también que todavía nos queda camino por recorrer. Un ejemplo de esto se plasma en los datos que recogen que un 25% de los encuestados creen que el Sol gira alrededor de la Tierra o un 30% cree que los humanos hemos coexistido con los dinosaurios. De acuerdo a la encuesta, la imagen de la ciencia percibida por los ciudadanos ha mejorado en los últimos años, pero también pone de manifiesto ciertas deficiencias, como que el concepto de ciencia no está claro entre la población: un 27% de los encuestados considera la homeopatía «muy o bastante científica», pese a que se trata de una pseudociencia sin eficacia demostrada, o un 14% defiende los horóscopos.

El sondeo refleja que los ciudadanos solicitan más información científica en los medios de comunicación: en torno al 60% de los consultados sostiene que el número de noticias de ciencia es «insuficiente» en prensa en papel, radio y televisión; solo los medios digitales cubren las demandas de información científica.

Con estos resultados en mente creemos que hay que encontrar una vía que permita una mayor interacción con todas las personas que quieran ampliar su conocimiento científico sin tener que hacerlo académicamente, y es a través de la divulgación científica. Si en esta labor queremos tener en cuenta al mayor número posible de personas, debemos proyectarla bajo la óptica de la Divulgación Científica Inclusiva. La principal diferencia con la óptica tradicional es que tiene en cuenta las premisas del Diseño Universal. Este concepto fue inicialmente acuñado por especialistas americanos en diseño de espacios arquitectónicos[2] que tuvieron en cuenta las necesidades de acceso al mayor número posible de individuos. Posteriormente ha evolucionado hacia perspectivas más relacionadas con el aprendizaje, fijando un nuevo paradigma en la educación en los campos de diseño curricular y de creación de materiales.

Por todo ello, la Divulgación Científica Inclusiva entra en escena desde el momento que la ciudadanía reclama actividades que trasciendan la simple información sobre conceptos de ciencia y trata de generar

[1] VII Encuesta de Percepción Social de la Ciencia, FECYT 2015: http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Prensa/NOTAS_PRENSA/2015/Dossier_PSC_2015.pdf.

[2] Mace, R. L.; Hardie, G. J. y Place, J. P. (1996). «Accessible Environments: Toward Universal Design». The Center for Universal Design, NCSU, 44 págs. Web: https://www.ncsu.edu/ncsu/design/cud/pubs_p/docs/ACC%20Environments.pdf.

nuevas conexiones entre científicos y públicos posibles sin temer ningún tipo de obstáculo. El impulso de este nuevo modelo de divulgación es compatible con las metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible[3], que plantea lograr una inclusión efectiva en la sociedad de las personas con Diversidad Funcional. Este último término se refiere a que cada miembro de la sociedad tiene unas determinadas habilidades, sean de carácter transitorio o permanente, lo que crea una diversidad que no debe generar exclusiones o discriminaciones.

## 2. Hacia una ciencia accesible

Para conseguir este reto, la primera toma de conciencia debe producirse entre la propia comunidad científica. A pesar de que hoy en día existe una mayor concienciación entre los científicos de la importancia de la divulgación, aún hay algunos miembros del colectivo que no revierten a la sociedad los resultados de sus investigaciones (García-Frank y Gómez-Heras, 2016[4]). El siguiente paso es reconocer el derecho a la adquisición de conocimiento científico de todos los miembros de la sociedad.

El acceso a la Ciencia es un derecho fundamental recogido desde 1966 en el artículo 15 de la Carta Internacional de los Derechos Humanos[5] que pretende asegurar el goce pleno, y en condiciones de igualdad, de todos los derechos humanos. El 13 de diciembre de 2006 la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. España firmó y ratificó esta convención, entrando en vigor el 3 de mayo de 2008. El artículo 1 establece que su fin es «asegurar el goce pleno y en condiciones de igualdad de todos los derechos humanos» por todas las personas con discapacidad[6].

Otro obstáculo a considerar es que, en muchos colectivos de personas con discapacidad, la oferta de actividades sociales es relativamente abundante, pero no lo es tanto la relacionada con la adquisición de conocimiento científico. Así pues, la primera acción de accesibilidad está relacionada con los canales de comunicación que ofertarán las acciones, ya que es poco operativo organizar actividades que tengan en cuenta las diversas necesidades asociadas con la discapacidad, si el público potencial no recibe información sobre ellas. Esto es especialmente importante, porque muchos colectivos de personas con discapacidad se han visto tradicionalmente excluidos de estas actividades, por lo que el primer paso que tienen que dar los investigadores es, a menudo, crear una demanda[4].

Para asegurar la efectividad es necesario tener en cuenta una serie de premisas antes de realizar las acciones divulgativas (que han de ser diseñadas bajo la óptica del Diseño Universal) y se debe contar con la colaboración de especialistas y de los propios participantes. Esto último permite eliminar las barreras ligadas a la participación buscando lograr un cambio de actitud ante la discapacidad que reconozca el enriquecimiento social que puede derivar si fomentamos las actividades de inclusión. Las ciencias facilitan las actividades multisensoriales que al multiplicar la estimulación pueden mejorar el proceso de aprendi-

[3] Naciones Unidas (2015). «Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible». Asamblea General A/70/L1. Web: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=S.

[4] García-Frank, A. y Gómez-Heras, M. (2016). «Hacia una ciencia accesible». *Web Madri+d*, enero 2016: http://www.madrimasd.org/informacionIdi/analisis/analisis/analisis.asp?id=65443&origen=notiweb_suplemento&dia_suplemento=martes&seccion=analisis%28martes%29.

[5] International Covenant on Economic, Social, and Cultural Rights. (1966). Web: www.ohchr.org/EN/ProfessionalInterest/Pages/CESCR.aspx.

[6] https://www.boe.es/boe/dias/2008/04/21/pdfs/A20648-20659.pdf.

zaje[7,8,9]. Las actividades divulgativas deben tender a ser inclusivas (mixtas), lo que resulta beneficioso para todos los participantes.

Entre las bondades que supone realizar actividades de divulgación se encuentran la mejora del desarrollo humano, intelectual y social, paralelamente al autoconcepto del individuo (y, por tanto, su calidad de vida)[7]. Para el científico, divulgar supone una interiorización de las bases más fundamentales de su conocimiento y es una experiencia muy gratificante.

Por otra parte, cada día son más numerosos los autores que indican la importancia de adaptar contenidos y metodologías para que en la educación formal se puedan resolver las diferencias entre alumnos (Ramos *et al*., 2016[10]). Sin embargo, el conocimiento no solo se adquiere en los centros educativos sino en todos los ámbitos en los que se mueven las personas (Macías Gómez, 2004[11]; Falk *et al*., 2009[12]). A pesar de los esfuerzos por adaptar los contenidos y las metodologías y según muestran todas las nuevas leyes educativas en la atención a la diversidad, los resultados aún están lejos de ser los óptimos y se hace muy necesaria la acción educativa en otros ámbitos diferentes al estrictamente formal. Desde la Asociación Ciencia sin Barreras consideramos que la inclusividad y la atención a la diversidad en la divulgación es algo que ha de dejar de ser «opcional» para convertirse en un deber[13].

## 3. Ciencia sin Barreras y sus distintas iniciativas

Con la filosofía de agrupar a los científicos que organizaban actividades de divulgación científica para personas con algún tipo de discapacidad y fomentar la divulgación de la ciencia entre personas con diversidad funcional o que no hayan tenido un acceso amplio a contenidos científicos, se constituyó en febrero de 2014 la asociación Ciencia sin Barreras: Asociación para la Divulgación Científica Inclusiva (Reg. Nac. Asoc. 605355)[14]. El proyecto se gestó en 2012, cuando un grupo de geólogos se dio cuenta de la necesidad de difusión de Ciencias de la Tierra en la sociedad. Desde entonces, se han logrado diferentes objetivos en relación con la promoción de actividades científicas, no solo geológicas[15], sino multi-

---

[7] García-Frank, A.; Pérez Barroso, R.; Espín Forjan, B.; Benito Manjón, P.; De Pablo Gutiérrez, L.; Gómez-Heras, M.; Sarmiento, G. N.; Canales Fernández, M. L.; González Acebrón, L.; Muñoz García, M. B.; García Hernández, R.; Hontecillas, D.; Ureta Gil, S. y del Moral, B. (2014). «Divulgación de la Geología: nuevas estrategias educativas para alumnos con necesidades educativas especiales por discapacidad intelectual». Serie *El CSIC en la Escuela*., vol. 10, pp. 56-67.

[8] Gómez-Heras, M.; Gonzalo, L.; García-Frank, A.; Sarmiento, G. N.; González, L.; Muñoz, M. B.; García, R.; Hontecillas, D.; Ureta, S. y Canales, M. L., (2014). «Geología para sordociegos: una experiencia multisensorial para la divulgación de la ciencia». Serie *El CSIC en la escuela*, vol. 10, pp. 45-55.

[9] Fesharaki, O.; García-Frank, A.; Iglesias Álvarez, N.; Gómez-Heras, M.; Martín-Perea, D. y Rico, R. (2016). «Diseño universal y materiales multisensoriales en las actividades de divulgación de Geodivulgar con la asociación Ciencia sin Barreras». *Geo-Temas*, 16: pp. 729-732.

[10] Ramos, L.; Castro, E. y Castro-Rodríguez, E. (2016). «Instrucción en el uso de esquemas para la resolución de problemas aditivos a estudiantes con necesidades educativas especiales». Enseñanza de la Ciencias, 34(1): pp. 173-192.

[11] Macías Gómez, E. (2004). «Aproximación a la intervención de calidad en la educación no formal. Funciones del pedagogo». *Revista Complutense de Educación*, 15(2), pp. 561-596.

[12] Falk, J.; Heimlich, J. E. y Foutz, S. (2009). «Free-choice learining and the environment». *Altamira Press*.

[13] García-Frank, A. y Gómez-Heras, M. (2015). «¿Por qué acercar la ciencia a personas con necesidades especiales?», en: L. Domingo, M. S. Domingo, O. Fesharaki, B. A. García Yelo, A. R. Gómez Cano, V. Hernández-Ballarín, D. Hontecillas, J. L. Cantalapiedra, P. López Guerrero, A. Oliver, J. Pelegrín, M. Pérez de los Ríos, M. Ríos, O. Sanisidro y A. Valenciano (eds.). Volumen de Actas XIII Encuentro Jóvenes Investigadores en Paleontología, Cercedilla, Madrid. pp. 9-10.

[14] http://cienciasinbarreras.theiagd.org/ y https://www.facebook.com/cienciasinbarreras.

[15] García-Frank, A.; Gómez-Heras, M.; Gonzalo Parra, L.; Canales Fernández, M. L.; Muñoz García, M. B.; González-Acebrón, L.; García Hernández, R.; Hontecillas, D.; Iglesias Álvarez, N.; Salazar Ramírez, R. W.; Fesharaki, O.; Navalpotro, T.; Reviejo,

disciplinares, que abarcan diversos colectivos. Bajo el lema «Ciencia para todos» se proponen actividades científicas divulgativas para adaptarlas a estudiantes y adultos con discapacidad intelectual, así como adultos con ceguera y sordoceguera. Actualmente esta asociación está formada por miembros procedentes de diferentes áreas científicas (geología, biología, química, física, informática) y cuya labor ha sido reconocida y apoyada desde diversas instituciones internacionales (Zero Project[16], EGU[17], Geological Society[18]). La divulgación científica realizada desde la asociación tiene varios ejes de actuación. Por una parte, se realizan actividades de difusión para la ampliación de sus asociados, los cuales, a su vez, proponen y realizan actividades de divulgación en forma de talleres, salidas de campo o seminarios, y, por otra, se realizan actividades de difusión como la organización de encuentros, congresos o seminarios para dar a conocer los avances más significativos que se van produciendo en este campo de la enseñanza-divulgación de las ciencias a personas con diversidad funcional. Además de los conceptos y competencias científicas que se pretenden enseñar a las personas que intervienen en las actividades de la asociación, también se persigue que estas realicen las actividades en un ambiente diferente al estrictamente formal y que estas actividades puedan suponer para ellos momentos de socialización e inclusión. Diversos autores han indagado en las consecuencias que tienen sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje las relaciones sociales establecidas entre los individuos que interaccionan durante estos procesos (Coldren y Hively, 2009[19]). Nuestra experiencia indica que las tareas compartidas entre personas con alguna discapacidad concreta y otras que no tienen dicha discapacidad resultan eficaces para modificar estereotipos y prejuicios, al mismo tiempo que favorecen un buen desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Contamos con varios proyectos simultáneos donde realizamos actividades científicas que abarcan distintas disciplinas:

### 3.1. ConCiencia Inclusiva

El proyecto, financiado por Sección Territorial de Madrid de la Real Sociedad Española de Química, se desarrolla desde la Facultad de Ciencias Químicas (UCM) junto con el Colegio Ramón y Cajal, la Facultad de Educación La Salle y Estudio 3 AFANIAS[20]. Consiste en la realización de experimentos científicos de cristalografía con alumnos de un centro educativo de educación especial junto con alumnos de un centro de educación ordinaria y dirigido por estudiantes universitarios. En junio de 2016 ha conseguido uno de los premios ENCIENDE (Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar), otorgado por la Confederación de Sociedades Científicas de España[21].

### 3.2. Astroaccesible

Desde el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y con la colaboración de la ONCE, se ofertan actividades de divulgación accesible de astronomía entre las personas ciegas y de baja visión, poniendo a

M.; Rodrigo Sanz, A.; del Moral, B.; Sarmiento, G. N. y Ureta S. (2014). «Ready-to-serve Geology! Portable kits for scientific divulgation to people with functional diversity». In: Gómez Chova, L.; López Martínez, A. y Candel Torres, I. (eds.) ICERI 2014 Proceedings, IATED Academy, Sevilla (España). pp. 4666-4672.

[16] http://zeroproject.org/practice/spain-ciencia-sin-barreras/.

[17] http://www.egu.eu/news/231/egu-public-engagement-grants-awarded-to-miguel-gomez-heras-and-solmaz-mohadjer/.

[18] https://www.geolsoc.org.uk/~/media/shared/documents/Society/Research%20grants/RESEARCH%20GRANTS%202015.pdf?la=en.

[19] Coldren, J. y Hively, J. (2009). «Interpersonal teaching style and student impression formation». *College Teaching*, 57(2), pp. 93-98.

[20] http://www.lasallecentrouniversitario.es/Comunidad/dia-a-dia/Paginas/ProyectoConCienciaInclusiva.aspx

[21] http://enciende.cosce.org/boletin/index.asp?item=230

su alcance modelos (*figura 1*), conceptos y descripciones de la naturaleza de nuestro universo que son comprensibles mucho más allá de su percepción visual[22].




Figura 1. Materiales adaptados para divulgación de la astronomía.

### 3.3. RADIO O LO QUE SEA

Es un programa de radio que da voz a la discapacidad, producido por la Fundación Juan XXIII Roncalli y realizado por personas con discapacidad intelectual, donde los locutores dan su visión sobre el mundo y la sociedad comentando las noticias más relevantes de la actualidad[23]. «Evolucionando» es la sección de Ciencia[24] y ha obtenido una mención honorífica en los premios «Prismas Casa de las Ciencias 2016» a la Divulgación. El jurado resalta su dimensión social e implicación con la divulgación científica.

### 3.4. APLICACIONES A LAS TIC

Desde la Universidad Politécnica de Madrid también se tiene en cuenta la necesidad de adaptar las herramientas de Divulgación Científica Inclusiva a las TIC. Para ello se incide en la aplicación de la accesibilidad documental, habituando a los estudiantes a hacerlo tanto en experiencias de educación no formal como en las propias asignaturas. Un ejemplo es «CHATAACS», plataforma de control de un chat gratuito que permite a usuarios con parálisis cerebral el acceso y disfrute de las nuevas tecnologías con las siguientes ventajas: mayor portabilidad de los dispositivos, estructura de símbolos dinámica que no ralentice un sistema que sea fácil de usar[25].

### 3.5. GEODIVULGAR

Dado que la composición inicial de la asociación estaba formada por geólogos principalmente, es en este campo científico en el que se han realizado el mayor número de actividades y las correspondientes experiencias (García-Frank y Fesharaki, 2016[26]). Además, la Geología es una ciencia en la que es factible la obtención de materiales multisensoriales (principalmente táctiles) y su adaptación mediante el asesoramiento de expertos en Didáctica, Pedagogía, Trabajo Social o Psicología (Fesharaki *et al*., 2016[9]). A pesar de su importancia, las Ciencias de la Tierra son relativamente desconocidas para gran parte de la socie-

[22] http://astroaccesible.iaa.es/.

[23] http://www.fundacionjuanxxiii.org/dia-mundial-de-la-radio/.

[24] http://asecic.org/2016/06/evolucionado-divulgacion-de-la-ciencia-desde-radio-o-lo-que-sea/.

[25] Gil García, E. M.; Jiménez Angulo, L. y Babio Casal, J. F. (2010). «Plataforma de control de mensajería instantánea bajo sistemas AACS CHATAACS». En: «14th Biennial Conference ISAAC 2010». Web: http://oa.upm.es/9170/1/INVE_MEM_2010_87724.pdf.

[26] García-Frank, A. y Fesharaki, O. (2016). «En pos de una ciencia accesible: actividades para personas con diversidad funcional». *Revista ECDL* (diciembre).

dad (Calonge García, 2010[27]). Además, como se viene denunciando desde diferentes organizaciones científicas, y en especial geológicas, en el Sistema Educativo Español la Geología está en clara desventaja frente a otras materias, incluso del ámbito científico (Pedrinaci, 2012[28]). Pero no solo la falta de horas lectivas da lugar a este problema, sino que, de forma general, va acompañada de una escasa oferta de actividades de divulgación de esta ciencia (Gutiérrez-Marco, 2005[29]). Diversos informes (COSCE, Pardo *et al*., 2005[30]) y publicaciones (Rodríguez-Pérez *et al*., 2014[31]; Fesharaki, 2016[32]) resaltan la importancia de que los investigadores y docentes universitarios que recibimos recursos públicos dediquemos parte de nuestro tiempo a la difusión y divulgación de nuestros conocimientos a la sociedad, y que esta labor sea más valorada por las instituciones del ámbito educativo. En los últimos años se están produciendo iniciativas locales de divulgación de la Geología (Fesharaki, 2016[32]).

Una de estas iniciativas nació en 2013 a partir de la obtención de un Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente (PIMCD), concedido por la UCM al proyecto Geodivulgar: Geología y Sociedad. Este proyecto, que continúa desde entonces, aglutina a profesores, alumnos, investigadores y trabajadores de la UCM y de otras universidades y centros de investigación (ver detalles en García-Frank *et al*., 2013[33], 2014[7], 2016[34]; Gómez-Heras *et al*., 2014[8], Iglesias *et al*., 2015[35], Muñoz-García *et al*., 2015[36]), y ha conseguido en años consecutivos la renovación de concesiones para seguir con su labor de divulgación de la Geología a todo tipo de público.

Hasta el momento se han realizado talleres dirigidos a dos colectivos principales: discapacidad intelectual, generalmente síndrome de Down, y discapacidad visual y/o auditiva con diferentes grados de ceguera y sordoceguera. Estas actividades del ámbito de la Geología han sido descritas en el trabajo de García-

---

27 Calonge García, A. (2010). «La geología que emociona: ¿qué geología enseñamos, qué geología necesitamos y qué geología divulgamos?». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18(2): pp. 141-149.

28 Pedrinaci, E. (2012). «Alfabetización en Ciencias de la Tierra, una propuesta necesaria». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20(2): pp. 133-140.

29 Gutiérrez-Marco, J. C. (2005). «¿Sabemos divulgar la Geología que hacemos?». B*oletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (Sección Geológica), 100: pp. 307-322.

30 Pardo, R.; Acuna, U.; Aguirre de Cárcer, A.; Armentia, J.; Catalán, G.; De Pablo, F.; Semir, V.; De Delibes, M.; Echenique, P. M.; Estruch, J.; Molina, T.; Núñez Centella, R.; Ruiz de Elvira, M.; Sols, F.; Telleria, J. L. y Úbeda, J. (2005). «Ciencia y Sociedad». En: Acción CRECE (Comisiones de Reflexión y Estudio de la Ciencia en España), Confederación de Sociedades Científicas de España, COSCE, Barcelona, pp. 123-164.

31 Rodríguez Pérez, E.; Romero-Nieto, D. y Fesharaki, O. (2014). «La imagen del geólogo en el cine: científicos locos *vs* atractivos aventureros». Tierra & Tecnología, 45: pp. 51-60.

32 Fesharaki, O. (2016). «Análisis paleoambiental y paleoclimático de los yacimientos de Somosaguas y Húmera (Mioceno medio, Madrid): sedimentología, petrología, mineralogía y aplicación a divulgación e innovación educativa». Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. http://eprints.ucm.es/38947/1/T37715.pdf.

33 García-Frank, A.; Canales, M. L.; Gómez-Heras, M.; González Acebrón, L.; Hontecillas, D.; Del Moral, B.; Muñoz-García, M. B. y Sarmiento G. N. (2013). «Geodivulgar: una nueva experiencia para la divulgación de la Geología entre alumnos con necesidades educativas especiales por discapacidad intelectual». En: Rábano, I. y Rodrigo, A. (eds.) pp.124-125. XX Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural.

34 García-Frank, A.; Gómez-Heras, M.; Fesharaki, O.; Iglesias Álvarez, N. y Gonzalo Parra L. (2016). «Science without Barriers: towards the take-off of Social Palaeontology». *Palaeontological Association Newsletter.* 91: pp. 50-55.

35 Iglesias Álvarez, N.; Fesharaki, O.; García-Frank, A.; González Acebrón, L.; Rico, R. *et al.* (2015). «Dejando huella: divulgación paleontológica para personas con diversidad funcional». En: Current Trends in Paleontology and Evolution (L. Domingo *et al*., eds.): pp.154-162.

36 Muñoz-García, M. B.; González-Acebrón, L.; García-Frank, A.; Pérez Barroso, R.; Espín Forjan, B. *et al.* (2015). «Evaluación del aprendizaje significativo del concepto "tiempo geológico" en estudiantes con necesidades educativas especiales por discapacidad intelectual». *Enseñanza para las Ciencias de la Tierra*, 23(1): pp. 220-231.

Frank y Fesharaki (2016[26]), por lo que en este texto solo las trataremos de una forma superficial, para poder equiparar dentro de lo posible con las actividades realizadas por la asociación en otros ámbitos (astronomía, física, química, biología, etc.).

Las principales actividades geológicas realizadas hasta el momento han tenido como base los fósiles, los minerales y las rocas y sedimentos, que permiten preparar talleres en torno a la adaptación de las especies y su evolución, a los ambientes sedimentarios que ocupan y sus hábitos alimenticios o a los cambios del planeta Tierra y su clima. Entre otros se han desarrollado los siguientes talleres: «¿Qué te cuentan mis dientes? ¿Qué te cuentan mis patas? ¿Qué te cuentan mis huellas?» (Iglesias *et al*., 2015[35]) ver *figura 2a*, «¿Cómo ha evolucionado el planeta Tierra?» (Muñoz García *et al*., 2015[36]) ver *figura 2b*, o la reconstrucción de un diorama sobre el ambiente de Madrid en el Mioceno, hace 14 millones de años (De la Ossa *et al*., 2012[37]). También se han realizado salidas de campo, por ejemplo a la sierra de Madrid (Museo del Agua de El Berrueco y presas del Atazar y Pontón de la Oliva), para trabajar nociones sobre el ciclo de las rocas y el ciclo del agua, la importancia de la preservación del medio natural y cómo influyen las acciones humanas en el medio que nos rodea (García-Frank *et al*., 2014[7]), o al parque Regional del Sureste (Rivas Vaciamadrid), donde se trabajaron conceptos relacionados con los ambientes de sedimentación, los tipos de rocas y su influencia en la geomorfología, y la importancia de la biodiversidad y geodiversidad (*figura 2c*). Estos talleres han tenido adaptaciones a personas con diversidad funcional por discapacidad intelectual (centro San Pedro Apóstol y María Corredentora de Madrid).

Otro colectivo al que se han enfocado las acciones de la asociación hasta el momento es el de las personas con discapacidad visual y/o auditiva. En este caso, se han realizado varios talleres para tratar temas relacionados con el calor interno de la Tierra y la tectónica de placas, el relieve terrestre, la historia del planeta Tierra, las propiedades y usos de los principales minerales, entre otros (Gómez-Heras *et al*., 2014[8]). En este caso, también se han realizado salidas al campo, en algunos casos de forma pionera a nivel mundial; por ejemplo, a los yacimientos paleontológicos de Somosaguas, para conocer aspectos sobre los métodos de excavación y los vertebrados que habitaron Madrid hace unos 14 millones de años (Navalpotro *et al*., 2015[38]), al Geoparque de la costa vasca (Zumaia), para conocer los procesos que formaron y posteriormente han transformado las rocas del Flysch de Zumaia, o interpretar mediante las huellas dejadas por los animales en los sedimentos (icnofósiles) los hábitos de vida de estos y lo que nos indican sobre el medio en el que vivieron (*figura 2d*), o la importancia de la zona reconocida con un clavo dorado como estratotipo del paso del Paleoceno al Eoceno (García-Frank y Fesharaki, 2016[26]). Por último, también se ha realizado una salida de campo a Riva de Santiuste (Guadalajara) para conocer los rasgos y las estructuras estratigráficas formadas en diversos ambientes sedimentarios del Triásico. Varias de las actividades de este proyecto han acabado finalistas[35] o sido premiadas[7, 8, 37, 39] en las convocatorias de 2014[7, 8, 37], 2015[35] y 2016[39] del Certamen Nacional Ciencia en Acción.

---

[37] De la Ossa, L.; Tejedor, N. y Fesharaki, O. (2012). «Experiencias durante la construcción de un diorama del Mioceno de Somosaguas por parte de alumnos con necesidades educativas especiales». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 20(3): pp. 290-296.

[38] Navalpotro, T.; Berrocal, M.; De la Fuente Olmos, D.; Gonzalo Parra, L. y Fesharaki, O. (2015). «"Sí se puede" hacer una actividad de paleontología con personas con sordoceguera». En: García-Frank, A. (ed.), *Libro de Resúmenes I Jornada sobre Divulgación Científica Inclusiva*: pp. 4-6.

[39] Mención de Honor de Trabajos de Divulgación Científica. Prensa, Radio y Televisión. El vídeo «El Álbum de mis Antepasados y otros Parientes», de Andrés Armendáriz.




Figura 2. Diversas actividades relacionadas con el aprendizaje de las Ciencias de la Tierra.
a) Taller «¿Qué te cuentan mis dientes? ¿Qué te cuentan mis patas? ¿Qué te cuentan mis huellas?»;
b) Taller «¿Cómo ha evolucionado el planeta Tierra?»;
c) Salida de campo a Rivas Vaciamadrid (Madrid);
d) Salida de campo a Zumaia (Vizcaya).

### 3.6. Museo Geominero (IGME)

También en el ámbito de la Geología, cabe destacar la labor del Museo Geominero de Madrid (Instituto Geológico y Minero de España). Con el programa «NUEVOS CREADORES, NUEVOS PÚBLICOS. Arte de todos para todos» tiene como objetivo establecer vías de colaboración entre Centros Públicos de Educación Especial y Centros de Enseñanzas vinculadas a las artes plásticas y escénicas, a través del Servicio de la Unidad de Programas de la Dirección de Área Territorial de Madrid Capital. Asimismo, ha colaborado en la elaboración de talleres adaptados a estudiantes con discapacidad intelectual. Este museo también ha recibido un premio en el certamen Ciencia en Acción en 2015[40].

## 4. Reflexiones finales

Queremos destacar que, tras casi un lustro de experiencia en Divulgación Científica Inclusiva, los docentes e investigadores de la Asociación Ciencia sin Barreras, responsables de estas iniciativas, hemos com-

[40] 1.er Premio de Materiales Didácticos de Ciencias en Soporte No Interactivo: «Gea y los fósiles», de Ana Rodrigo, Enrique Peñalver, Eduardo Barrón, Rafael Pablo Lozano y Javier Bollaín, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) de Madrid.

probado que determinadas metodologías de actuación llevan a obtener resultados favorables en la adquisición de numerosos conceptos y competencias por parte de los participantes. Para lograrlo es indispensable contar con la ayuda de expertos en psicología, pedagogía y educación especial, y siempre hay que tener en cuenta que es un proceso que avanza mediante aprendizaje progresivo, adaptando a cada caso concreto las actividades. Para muchos de los participantes es una experiencia novedosa, ya que hasta hace poco tiempo estaban fuera de los canales de divulgación científica.

Por último, desde Ciencia sin Barreras animamos a una participación mayor de los docentes en este tipo de iniciativas, ya que apostamos por que toda acción dirigida a desarrollar la divulgación científica es positiva y será bien recibida por toda la sociedad. Para participar de estas experiencias no es necesario empezar de cero y desde la asociación tratamos de facilitar acciones de autoformación. No perdemos de vista la noción de que es un proceso trabajoso y que requiere rodaje. Aunque la legislación vigente dispone que estas adaptaciones deban hacerse sistemáticamente, aún hay que normalizar el proceso para conseguir que la ciencia sea cosa de todos.

**Agradecimientos:** Este trabajo ha sido realizado por miembros de la asociación Ciencia sin Barreras. Desde la Universidad Complutense se enmarca en los Proyectos INNOVA-DOCENCIA n.º 2 (2016-17), Geodivulgar: Geología y Sociedad e INNOVA-DOCENCIA n.º 73 (2016-17), I.amAble: la ciencia (química) al alcance de toda la sociedad (UCM). Cuenta con el apoyo del CGL2015-66604-R (MINECO/FEDER).

# La ciencia en el aula: materiales y experiencias

# ENGAGE: Investigación e Innovación Responsable (RRI) en la enseñanza de las ciencias

Silvia Alcaraz-Domínguez, Belén Garrido, Mario Barajas

*Universitat de Barcelona. Facultat d'Educació. Departamento de Didáctica y Organización Educativa*
*Passeig Vall d'Hebrón 171. Edifici Llevant - 08035 Barcelona*
silvia.alcaraz@ub.edu; blngarrido@gmail.com; mbarajas@ub.edu

**Palabras clave:** Investigación e Innovación Responsable, IIR, enseñanza basada en la indagación, argumentación científica, controversias sociocientíficas, competencias.

**Keywords:** Responsible Research and Innovation, RRI, Inquiry-based learning, scientific argumentation, socio-scientific dilemma, competencies.

**Resumen**

Estamos experimentando un cambio en la enseñanza de la competencia científica. Las innovaciones tecnológicas apuntan a aspectos relacionados con nuestra vida y nuestro entorno en general: la seguridad alimentaria, los productos y las energías renovables son algunos ejemplos. Partiendo del reto que esto supone, además de una oportunidad para el profesorado de secundaria y bachillerato, presentamos un programa de desarrollo profesional basado en el marco de la Investigación e Innovación Responsable (RRI, por sus siglas en inglés), para ayudar a los docentes de ciencias experimentales (o en proyectos interdisciplinares de centro) a aplicar estos cambios a su práctica.

**Abstract**

The way we help students to acquire scientific competency is changing. Technological innovations focus on aspects from our daily life and from our environment, such as food safety and renewable energies. Considering that this sets out a challenge, and also an opportunity, for secondary school teachers, we present a Responsible Research and Innovation teacher development programme (RRI), aiming to help experimental science teachers (or interdisciplinary school projects) to apply this changes in their practice.

## Introducción

### Contexto

El cambio hacia la enseñanza basada en competencias está afectando a la enseñanza de las ciencias experimentales en la educación secundaria. Hoy en día, áreas de ciencias como la biología, la geología,

la física o la química ya no se pueden enseñar como un conjunto estático de conocimientos, sino que debemos ayudar a nuestro alumnado a conectar estos conocimientos entre sí para resolver problemas concretos y contextualizados de la vida cotidiana.

Las pruebas de evaluación externa hacen hincapié en la aplicación y la realización de experimentos por parte del alumnado. Si tenemos esto en cuenta, parece lógico que estos ejes se puedan desarrollar mediante proyectos de indagación científica, utilizando contextos científicos más cercanos al alumnado.

Últimamente en muchos países de la Unión Europea la enseñanza de la química y de otras ciencias experimentales también se ha visto influenciada por una tendencia que se observa en las políticas públicas, llamada Investigación e Innovación Responsable (IIR). Según esta visión, es necesario que actividades como la investigación y la innovación científica cuenten con la participación, el seguimiento e incluso la implicación, de personas, asociaciones, gobiernos, empresas y otros agentes sociales. El objetivo es asegurar que los avances tecnológicos o los descubrimientos científicos se desarrollen de manera coherente con los valores y principios de la sociedad en la que se inscriben[1].

En definitiva, estamos viviendo un proceso orientado a una mayor implicación de la ciudadanía (que incluye a los estudiantes) en la ciencia. Así lo demuestra, por ejemplo, el hecho de que los programas de difusión del conocimiento estén cada vez más presentes y activos en las universidades y los centros de investigación, y muchos de aquellos están dirigidos a la educación obligatoria y al bachillerato. La comunicación científica toma cada vez más fuerza en las redes sociales, se organizan cafés científicos, noches de investigación, noticias de prensa, etc.

Es por ello que hoy en día, en las áreas de las ciencias experimentales, hay que prestar especial atención a aquellos aspectos del currículo relacionados con la formación de futuros ciudadanos, capaces no solo de adquirir unos conocimientos de ciencia, sino también de tener un rol activo y participativo en su desarrollo. Esto implica ayudar al alumnado a entender que la ciencia y la tecnología afectan a muchos aspectos de nuestra vida cotidiana, y que se encuentran en constante evolución, influida por factores económicos, políticos o éticos en torno a los cuales la sociedad tiene mucho que decir.

Así, podemos observar que el currículo de la mayoría de áreas de ciencias de educación secundaria incluye habilidades coherentes con estos cambios. Por ejemplo, la LOE incluye objetivos como «Comprender la importancia de utilizar el conocimiento de las ciencias de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que nos enfrentamos»[2]. En Cataluña, por ejemplo, una de las competencias propias de las ciencias naturales es «Utilizar el conocimiento científico para argumentar de manera fundamentada y creativa las actuaciones como ciudadanos responsables, especialmente las relacionadas con la gestión sostenible del medio, la salud propia y la comunitaria, y el uso de aparatos y materiales en la vida cotidiana»[3].

## IMPLICACIONES PARA LOS DOCENTES

¿Qué implicaciones tienen estos cambios para el profesorado? Una es la necesidad de incorporar actividades orientadas a que el alumnado se exprese, donde se puedan valorar diferentes visiones de un mismo hecho científico, se analice cómo se tratan las noticias científicas en los medios de comunicación y se valoren las implicaciones de los avances científicos y de las novedades tecnológicas en el contexto más próximo del alumnado. En definitiva, se trata de fomentar la implicación del alumnado en la ciencia como la mejor manera de entender los contenidos, al tiempo que desarrollan las competencias científicas.

---

[1] UNIÓN EUROPEA (2014). Responsible Research and Innovation. Europe's ability to respond to societal challenges. Disponible en: https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_rri/KI0214595ENC.pdf

[2] ESPAÑA. Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. BOE, 4 de mayo de 2006, número 106, p. 17158-17207.

[3] CATALUÑA (2009). Currículum. Educació Secundària. Barcelona: Generalitat de Catalunya - Departament d'ensenyament.

Para dar apoyo al profesorado en este proceso, en el marco del proyecto Engaging Science o ENGAGE se ha elaborado una lista de ocho habilidades de indagación que de alguna manera ya están presentes en el currículo y en las pruebas de evaluación externa, y que son coherentes con los principios de la Investigación y la Innovación Responsable[4]:

| | |
|---|---|
| **Interrogar a las fuentes** | Evaluar la validez y la fiabilidad de las fuentes de información o de evidencia científica. |
| **Aplicar la ética a la ciencia** | Entender que la actividad científica implica tomar decisiones para las cuales es necesario tener en cuenta juicios éticos y morales. |
| **Examinar las consecuencias** | Valorar soluciones alternativas a problemas globales basándose en evidencias científicas, pero también teniendo en cuenta consideraciones económicas, sociales, ambientales y éticas. |
| **Valorar riesgos** | Valorar riesgos y beneficios a partir de la probabilidad y la magnitud de sus consecuencias. |
| **Analizar datos** | Interpretar datos, identificar patrones y realizar inferencias. |
| **Criticar afirmaciones** | Comprobar la solidez de las afirmaciones científicas, observando la relación lógica entre la evidencia y la afirmación científica. |
| **Justificar opiniones** | Sintetizar conocimientos científicos, implicaciones y perspectivas en una opinión informada que describa los argumentos que la apoyan. |
| **Comunicar ideas** | Ser capaz de comunicar opiniones y resultados en diversos formatos, utilizando las características del lenguaje científico. |

Aunque el profesorado de ciencias experimentales pueda incluir estas habilidades en su área, posiblemente no está acostumbrado a planificar, llevar a cabo o evaluar actividades orientadas a ponerlas en práctica. Los dilemas y controversias científicos cotidianos pueden ser una buena estrategia para introducir estos aspectos al tiempo que activamos el interés del alumnado por los contenidos curriculares.

## Propuestas

El proyecto Engaging Science responde a estos retos y lleva a cabo diferentes acciones orientadas a ayudar al profesorado a introducir controversias científicas que ayuden a la comprensión de los fenómenos desde la perspectiva de la IIR. Este enfoque se centra en el intercambio y en la reflexión sobre la propia práctica[5], una visión que se aplica al desarrollo profesional del profesorado de ciencias experimentales[6]. El proyecto ofrece al profesorado recursos educativos abiertos, formación y la oportunidad de pertenecer a una comunidad educativa con la que interactuar e intercambiar ideas. A continuación explicamos cada estrategia en detalle.

### Recursos educativos digitales abiertos

El proyecto pone al alcance de los docentes un repositorio digital (http://www.engagingscience.eu/es/) donde se publican recursos didácticos abiertos que parten de una noticia científica reciente y real (el repositorio contará con 60 recursos didácticos al final del proyecto). Cada recurso didáctico plantea

[4] Okada, A.; Young, G. y Sherborne, T. (2015). Innovative teaching of Responsible Research and Innovation in Science Education. Open Education Europa Journal - eLearning Papers V 44(1).

[5] Schön, D. A. (1983). The Reflective Practitioner: how professionals think in action. London: Temple Smith.

[6] Bell, B. y Gilbert, J. (1994). Teacher development as professional, personal, and social development. Teaching and Teacher Education, 10, 483-497.

una controversia científica que debe ser resuelta en el aula. Para resolverla, el alumnado lleva a cabo un proceso a lo largo del cual aplica las ideas científicas previamente aprendidas. A partir de la controversia planteada, se proponen actividades de indagación basadas en el modelo de las 5 E[7].

El docente puede descargar los recursos didácticos del repositorio después de un sencillo proceso de registro gratuito en la web del proyecto. Cada recurso incluye una presentación gráfica y unas fichas para el alumnado que se pueden imprimir y utilizar en el aula. Igualmente, cada recurso incluye una guía del profesorado. Estos archivos son editables, de modo que cada docente puede adaptarlos según sus necesidades. Se publican bajo una licencia Creative Commons, que permite modificarlos citando el origen.

Aunque todos los recursos tengan vigencia actualmente, algunos se han desarrollado a la luz de noticias muy inmediatas, tales como la aparición del virus del Zika, la crisis del Ébola, etc., de manera que el alumnado puede inmediatamente acceder a conocimientos y controversias científicas sobre estos temas. El equipo de ENGAGE responde a estas temáticas y su equipo de expertos crea los materiales en muy poco tiempo.

## FORMACIÓN PERMANENTE PARA EL PROFESORADO

Los recursos educativos abiertos que se pueden descargar del repositorio digital de ENGAGE están diseñados para ayudar al profesorado a usarlos en el aula. Sin embargo, para conseguir el cambio en la práctica, hay que ofrecerle al profesorado acciones de formación orientadas al conocimiento, a la práctica y a la reflexión en torno a las metodologías que fundamentan estos recursos.

Se ofrecen tres niveles de formación, según el docente esté poco, bastante o muy familiarizado con las metodologías propuestas a los recursos didácticos. En el primer nivel se favorece la comprensión y la práctica de la controversia científica y el debate en pequeños grupos. En el segundo nivel, el docente aprende sobre la metodología de la resolución de problemas y la conversación científica. En el tercer nivel, los docentes tratan el aprendizaje basado en proyectos y la evaluación de este tipo de actividades.

Se han realizado varios talleres de formación, de una duración aproximada de unas 3 horas, donde los docentes han podido experimentar con los recursos didácticos en primera persona, reflexionar sobre cómo estas metodologías pueden ayudar a implicar al alumnado en las clases de química y de ciencias experimentales, entender las características de una buena controversia científica y aprender trucos para establecer debates productivos en el aula, entre otros.

Sin embargo, también se ofrecen cursos de formación virtual, donde el profesorado puede conocer, poner en práctica y reflexionar sobre estas estrategias didácticas. Además, el curso tiene un claro componente de intercambio de experiencias, recomendaciones, retos y posibles soluciones conjuntas entre docentes y con la ayuda de expertos.

## COMUNIDAD DE PRÁCTICA

El proyecto quiere estimular la creación de una comunidad de docentes unidos por este interés de ayudar al alumnado a desarrollar habilidades presentes en el currículo y que se puedan relacionar con los principios de la Investigación y la Innovación Responsable. Por ello, los usuarios registrados en el repositorio pueden interactuar entre ellos mediante la publicación de comentarios, o la posibilidad de indicar que les gusta un determinado recurso o comentario.

---

[7] BYBEE, R. W.; TAYLOR, J. A.; GARDNER, A.; VAN SCOTTER, P.; POWELL, J. C.; WESTBROOK, A. y LANDES, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. Colorado Springs, CO: BSCS, 5, 88-98.

### Colaboración con centros científicos y expertos

ENGAGE da soporte a proyectos de escuelas participantes en ENGAGE donde se necesita la colaboración de centros de investigación y en su caso científicos, que puedan asesorar estos proyectos, concertar visitas, dar charlas sobre un tema determinado…

## Resultados preliminares

A falta de resultados de un estudio sistemático, que estarán disponibles al finalizar el proyecto, presentamos algunos resultados preliminares. El repositorio de recursos didácticos contiene más de 20 recursos publicados (serán 60 a lo largo de 2016). La comunidad de docentes cuenta actualmente con más de 1100 usuarios inscritos y se han realizado más de 2000 descargas de recursos. Los recursos se están utilizando en diferentes centros de educación secundaria de Cataluña y resto de España.

Los comentarios publicados por los docentes en el repositorio dan una idea del impacto del proyecto en el profesorado y en el alumnado. De entre los recursos disponibles, la actividad sobre las bolsas de plástico es la que acumula el mayor número de comentarios. Muchos de estos comentarios destacan que el modelo propuesto es positivo, y que se puede usar tanto para introducir un nuevo tema como para cerrar una unidad didáctica.

Los recursos también se han aplicado a la formación inicial del profesorado de ciencias en la Universitat de Barcelona, y en cursos de formación permanente del profesorado.

A pesar de que las conclusiones del proyecto estarán más claras una vez que haya finalizado, el proyecto satisface una necesidad de apoyo del profesorado de ciencias de secundaria que no está habituado a llevar a cabo actividades como el debate o los juegos de rol en el aula de ciencias experimentales. El intercambio de prácticas y la reflexión favorece la creación de una comunidad activa, que contribuye a la adaptación de los recursos actuales y a la creación de nuevos recursos siguiendo este modelo.

## Próximos pasos del proyecto ENGAGE

Durante 2016-17 se publicarán nuevos recursos en el repositorio digital, que corresponden a estrategias pedagógicas del nivel más avanzado del profesorado. Estos recursos les servirán de ayuda para llevar a cabo proyectos de indagación donde el alumnado alcanza el máximo grado de responsabilidad hacia su aprendizaje a lo largo de las diferentes fases del proceso de indagación. Lo harán en colaboración con un investigador o investigadores y guiados en todo momento por el profesor, que seguirá las indicaciones del recurso didáctico descargado del repositorio.

# MCAI: un modelo atómico de orbitales para Bachillerato

Pedro Nilo Arenas Hinojosa

*Departamento de didácticas específicas, Facultad de Educación, Centro de Enseñanza Superior Alberta Giménez, adscrito a la Universidad Pontificia de Comillas. Costa de Saragossa, 16 - 07013, Palma de Mallorca*

**Palabras clave:** Función de onda, orbital, energías atómicas, configuración electrónica, potenciales de ionización.

**Keywords:** Wave-function, orbital, atomic energies, electronic configuration, ionization potentials.

**Resumen**

El presente trabajo es una propuesta de introducción a la mecánica cuántica para Bachillerato orientada fundamentalmente al profesorado, pero aplicable en el aula. Para ello se revisarán los contenidos fundamentales necesarios a este nivel, pero desde una perspectiva rigurosa y acorde con lo que realmente dice la teoría original. Se planteará el modelo de capas atómicas independientes y se explicará detalladamente cómo usarlo para realizar cálculos en el aula. Nos centraremos en este trabajo en el cálculo de energías atómicas y su uso para interpretar la estructura electrónica de los átomos y el cálculo teórico de propiedades atómicas. Los resultados obtenidos con el modelo se compararán con resultados experimentales de fuentes fiables.

**Abstract**

The following proposal aims to introduce quantum mechanics in the classroom and it is mainly addressed to secondary school teachers. The main curricular contents have been revised from an acurate point of view according to what the original theory states. The model of independent atomic shells is proposed and explained to apply calculations in the classroom. It focus on the calculation of atomic energy and its use to interpret the electronic structure of atoms and the theoretical calculation of atomic properties. The results are compared to experimental results of reliable resources.

## Introducción. Ideas básicas sobre mecánica cuántica

En mecánica cuántica toda la información relevante de los átomos está contenida en su función de onda, $\Psi$, que define todas las propiedades de interés del mismo. Entre ellas, las energías de los estados estacionarios o niveles de energía posibles del átomo. Las diferencias de energía entre estos estados permitidos se pueden observar experimentalmente a través de la espectroscopía atómica.

La función de onda es una función matemática que depende, en este caso, exclusivamente de las coordenadas de los electrones del átomo. Esto es debido a que la gran diferencia de velocidad entre el núcleo y los electrones hace que se pueda despreciar el movimiento del núcleo y considerar que son únicamente los electrones los que se mueven.

Es importante remarcar que únicamente los sistemas aislados existen en estados estacionarios o niveles de energía. En consecuencia, un átomo existe, considerado en su conjunto, en determinados niveles de energía. No son los electrones, considerados individualmente, los que existen en estados estacionarios.

Hay diferentes métodos teóricos para obtener las funciones de onda atómicas. El tratamiento del átomo de hidrógeno es completamente diferente del resto de elementos de la tabla periódica por el hecho de tener un único electrón. En este caso es posible resolver la ecuación de Schrödinger y las funciones de onda que se obtienen en su resolución se denominaron originalmente orbitales porque vinieron a explicar el modelo de órbitas de Bohr. Las soluciones de la ecuación de Schrödinger para el átomo de hidrógeno se pueden caracterizar de acuerdo a tres números cuánticos *n*, *l* y *m* que solo pueden exhibir determinados valores permitidos.

Las funciones de onda hidrogenoides se expresan como el producto de una parte radial, que depende de los números cuánticos *n* y *l*, y una parte angular, caracterizada por los números cuánticos *l* y *m*.

$$\hat{H}\psi = E\psi \quad \rightarrow \quad \psi_{n,l,m}(r,\theta,\varphi) = R_{n,l}(r)\cdot\gamma_{l,m}(\theta,\varphi) \quad \rightarrow \quad E_n = -\frac{1}{2n^2}u.a. = -\frac{13.6}{n^2}e.v.$$

*Figura 1*. Ecuación de Schrödinger y sus soluciones para el átomo de hidrógeno.

Las soluciones de la ecuación de Schrödinger se suelen representar más comúnmente como: 1s, 2s, $2p_{-1}$, $2p_0$, $2p_{+1}$, etc. En esta representación se indican implícitamente los tres números cuánticos que caracterizan a la función de onda considerada (por ejemplo, en $2p_{-1}$: $n = 2$, $l = 1$ y $m = -1$).

Tal como se observa en la *figura 1*, la energía de los estados estacionarios del hidrógeno depende exclusivamente del número cuántico *n*. Por ello, todas las funciones de onda con el mismo número cuántico n tienen la misma energía. Por ejemplo, las funciones 2s y las 2p o las 3s, 3p y 3d.

El problema con los orbitales obtenidos al resolver la ecuación de Schrödinger es que algunas de las funciones angulares son imaginarias y esto complica su manejo desde un punto de vista matemático. Por ello en química suele ser más habitual usar lo que se conoce como *orbitales hidrogenoides reales*. En este caso se sustituyen las funciones angulares originales por otras combinaciones lineales que son reales puras. De este modo, por ejemplo, se sustituyen los orbitales originales de tipo $2p_{-1}$, $2p_0$ y $2p_{+1}$ por los orbitales $2p_x$, $2p_y$, y $2p_z$. El problema es que al usar orbitales Hidrogenoides reales resulta imposible seguir asignando números cuánticos a algunos orbitales. Este hecho es normalmente obviado en la mayoría de textos, en los que se dice usar orbitales reales, pero asignándoles arbitrariamente los números cuánticos de las funciones hidrogenoides.

En los átomos polielectrónicos ya no es posible resolver la ecuación de Schrödinger debido a la aparición de la repulsión interelectrónica y se hace imprescindible recurrir a métodos aproximados conocidos, comúnmente, como métodos de orbitales. En estos métodos, los orbitales ya no hacen referencia a la función de onda del átomo en su conjunto, sino que son funciones que dependen de un único electrón usadas para construir la función de onda total del sistema. Un ejemplo es el modelo que se propone a continuación.

## MODELO DE CAPAS ATÓMICAS INDEPENDIENTES

El modelo de capas atómicas independientes es un modelo atómico de orbitales desarrollado en mi tesis doctoral y riguroso desde un punto de vista teórico a la vez que suficientemente sencillo como para

ser usado en un aula de Bachillerato. Formalmente, el modelo que se plantea es una simplificación de las ecuaciones de Pople-Nesbet. Pero prescindiremos aquí de discusiones matemáticas complejas.

A través de ciertas aproximaciones el modelo permite calcular las energías de los estados estacionarios de los átomos considerando exclusivamente los electrones de la capa de valencia. De este modo se puede prescindir completamente de los electrones internos, simplificándose notablemente los cálculos.

Su finalidad es entender los conceptos fundamentales del modelo de orbitales y su uso para explicar la estructura electrónica de los átomos y el comportamiento periódico de ciertas propiedades atómicas. Está pensado para tratar los primeros elementos del sistema periódico (del hidrógeno al argón) en cualquier estado de ionización.

En primer lugar, explicaremos las características fundamentales del modelo y cómo usarlo para calcular energías con el mismo. Después lo usaremos para interpretar la estructura electrónica del átomo de carbono, así como para calcular sus potenciales de ionización.

## SOBRE LA FUNCIÓN DE ONDA

La función de onda es un determinante de Slater construida con tantos espín-orbitales como electrones tenga el átomo (o ion) considerado. Cualquier combinación posible de espín-orbitales definirá una función de onda válida y describirá un posible estado estacionario del sistema.

Los espín-orbitales usados en el modelo son del tipo hidrogenoide habitual, pero con partes radiales diferentes, características de cada elemento. Es importante señalar que una aproximación fundamental del modelo es considerar que los espín-orbitales de cada elemento son válidos para cualquier estado de ionización del mismo.

Los espín-orbitales de valencia que se pueden usar para construir la función de onda atómica son:

- H,He: $1s\alpha, 1s\beta$
- Li-Ne: $2s\alpha$, $2s\beta$, $2p_x\alpha$, $2p_x\beta$, $2p_y\alpha$, $2p_y\beta$, $2p_z\alpha$, $2p_z\beta$
- Na-Ar: $3s\alpha$, $3s\beta$, $3p_x\alpha$, $3p_x\beta$, $3p_y\alpha$, $3p_y\beta$, $3p_z\alpha$, $3p_z\beta$

En rigor, en el modelo que se propone solo se consideran realmente los espín-orbitales de valencia, pero incluimos todos ellos en la función de onda por claridad.

Por ejemplo, para el átomo de litio, la función de onda sería:

$$\psi = \begin{vmatrix} 1s\alpha(1) & 1s\beta(1) & 2s\alpha(1) \\ 1s\alpha(2) & 1s\beta(2) & 2s\alpha(2) \\ 1s\alpha(3) & 1s\beta(3) & 2s\alpha(3) \end{vmatrix} \equiv \left|1s\alpha \quad 1s\beta \quad 2s\alpha\right| \equiv \frac{\uparrow\downarrow}{1s} \quad \frac{\uparrow}{2s}$$

*Figura 2.* Función de onda monoderminantal del átomo de litio. Dada la complejidad de la función de onda resulta más conveniente usar descripciones simplificadas, como las dos últimas, en las que se especifiquen abreviadamente los espín-orbitales usados.

Los números que aparecen en la función de onda hacen referencia a los electrones y, como se puede apreciar, los espín-orbitales representan por igual a todos los electrones del átomo. Los espín-orbitales no están relacionados con electrones concretos. Los electrones no ocupan orbitales. Son funciones matemáticas con las que describir al átomo en su conjunto.

En este tipo de funciones de onda es imprescindible que todos los espín-orbitales utilizados sean diferentes. Esto resulta obvio si tenemos en cuenta la naturaleza determinantal de la función usada. Usar dos

veces el mismo espín-orbital implica tener dos columnas idénticas en el determinante, lo que anularía la función de onda. Por ello resulta conveniente reformular en este contexto el *principio de exclusión de Pauling*: los espín-orbitales usados para construir la función de onda del sistema deben ser todos diferentes. Lo cual no tiene nada que ver con los números cuánticos de los orbitales, aunque se suela explicar de esta manera en la mayoría de textos.

Para poder comparar con los datos experimentales necesitamos definir:

- La configuración electrónica asociada a la función de onda: que no es más que una representación abreviada e incompleta de los espín-orbitales usados en la función de onda atómica. Solo se indica cuántos orbitales de cada tipo se usan, pero sin especificar cuáles. Por ejemplo, en el caso del litio, la función de onda corresponde a una configuración: $1s^2 2s^1$.
- La multiplicidad de espín de la función de onda: se obtiene a partir de los espines de los espín-orbitales usados en la función de onda. Cada espín-orbital $\alpha$ contribuye con $s = +1/2$ y cada espín-orbital $\beta$ con $s = -1/2$. Se suman todas las contribuciones individuales para calcular el espín total $S_{total}$. La multiplicidad de espín de la función de onda se calcula finalmente de acuerdo a la expresión: $M_s = 2|S_{total}| + 1$, en la que $|S_{total}|$ representa el módulo de $S_{total}$.

## SOBRE EL CÁLCULO DE LAS ENERGÍAS ATÓMICAS

La energía de cada estado estacionario posible depende de los espín-orbitales utilizados y se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$E = E_{core} + \sum_p P_p \cdot U_p + \frac{1}{2}\sum_p \sum_q P_p \cdot P_q \cdot J_{pq} - \frac{1}{2}\sum_p \sum_q (P_p^{\alpha} \cdot P_q^{\alpha} + P_p^{\beta} \cdot P_q^{\beta}) \cdot K_{pq}$$

*Figura 3.* Expresión de la energía electrónica en el modelo MCAI.

La energía se obtiene como una suma de contribuciones energéticas debidas a las diferentes interacciones entre los espín-orbitales usados en la función de onda atómica del estado electrónico considerado. Los estados estacionarios permitidos vienen caracterizados por energías negativas. Es importante mencionar que no hace falta hacer uso explícito de esta ecuación. Las energías se calculan de una forma muy sencilla, como explicaremos abajo con el átomo de carbono.

En esta ecuación (*figura 3*):

- Subíndices $p$ y $q$: hacen referencia a los espín-orbitales usados en la función de onda.
- Elementos de las matrices densidad $P_p^{\alpha}$, $P_p^{\beta}$: en este modelo se toman como 0 y 1 para evitar cálculos complejos. Los elementos $P_p$ son la suma de sus elementos $\alpha$ y $\beta$ correspondientes. La forma más simple de interpretar los elementos de la matriz densidad en este contexto es considerar que indican los espín-orbitales que se usan en la función de onda para describir un estado estacionario concreto. Por ello, hasta cierto punto, una mala interpretación del modelo puede sugerir la idea de «electrones ocupando orbitales». Pero no hay que olvidar que esa imagen es incierta, ya que considerar que un electrón particular «ocupa un orbital» implica distinguirlo, y los electrones son físicamente indistinguibles. Son fermiones. Precisamente, por el mismo motivo, tampoco se les puede asignar números cuánticos. De hecho, en una función de onda determinantal, como vimos arriba con el litio, los espín-orbitales describen por igual a todos los electrones del sistema. Es importante remarcar que, cuando se realizan los cálculos con un modelo de orbitales riguroso, los elementos de las matrices densidad no son 0 y 1 y se obtienen mediante un complejo cálculo matemático.
- Integrales de energía: estas integrales de energía dependen de los espín-orbitales utilizados en la función de onda atómica y cuantifican las diferentes interacciones energéticas dentro de un átomo

polielectrónico: energías cinéticas y de interacción con el núcleo de los electrones e interacciones entre los propios electrones.

- E_core: es la contribución a la energía total de los electrones internos, que no consideramos explícitamente en el modelo. Es una simple constante que representa la energía total del core, es decir, del átomo cuando ha perdido todos los electrones de valencia.
- Up: integrales de energía cinética y potencial core-electrón del espín-orbital p. Miden la energía cinética de los electrones y sus interacciones con el core (núcleo más electrones internos). Sus valores son negativos, por lo que estabilizan el sistema. Toman valores diferentes para orbitales de tipo s y de tipo p, pero son iguales para cualquier orbital de tipo p. Es decir: $Us \neq Up$, pero $Up_x = Up_y = Up_z = Up$.
- Jpq: integrales de repulsión interelectrónica entre los espín-orbitales p y q. Miden la repulsión entre los electrones debido a su carga. Su valor es positivo, por lo que desestabilizan el sistema. Existen cuatro tipos de integrales de este tipo en este modelo y dependen de los orbitales considerados: Jss, mide la repulsión entre dos orbitales s; Jsp mide la repulsión entre un orbital s y cualquiera de tipo p; Jpp mide la interacción entre dos orbitales p del mismo tipo ($Jpp \equiv Jp_xp_x = Jp_yp_y = Jp_zp_z$) y Jpp′ entre dos orbitales p diferentes ($Jpp' \equiv Jp_xp_y = Jp_xp_z = Jp_yp_z$).
- Kpq: integrales de canje entre los espín-orbitales p y q. Su valor es positivo, pero aparecen restando en la expresión de la energía. Es decir, aunque parezca raro, en realidad estabilizan el sistema a pesar de que representen una interacción entre electrones. No hay un equivalente clásico a este fenómeno. La explicación habitual es considerar que la contribución a la energía total de la repulsión entre dos espín-orbitales es menor si tienen la misma parte de espín. Únicamente contribuyen a la energía las interacciones de este tipo entre espín-orbitales con la misma parte de espín, y siempre que participen en la función de onda. Por ello, en este modelo solo existen dos integrales de este tipo: Ksp, que rebaja la energía de interacción entre un orbital s y cualquiera de tipo p; y Kpp′ ($Kpp' \equiv Kp_xp_y = Kp_xp_z = Kp_yp_z$), que rebaja la energía de interacción entre cualesquiera dos orbitales de tipo p diferentes.

## PROPUESTA DIDÁCTICA. APLICACIÓN AL ÁTOMO DE CARBONO

Explicaremos la forma de usar el modelo con el átomo de carbono. Recordando que en el cálculo de energías solamente hay que usar los electrones de la capa de valencia, podemos considerar para el carbono 4 electrones y los espín-orbitales 2s y 2p. Los electrones internos contribuyen únicamente con una constante a la energía total. No obstante, se incluyen en las representaciones de la función de onda por claridad. Por sencillez, usaremos la representación abreviada de la función de onda descritas, en la *figura 2* y no su expresión matricial.

La función de onda viene determinada por los espín-orbitales usados y cualquier combinación de estos definirá un estado estacionario posible del carbono. Por ejemplo, apliquemos el modelo a la siguiente función de onda, de entre las muchas posibles:

$$|1s\alpha \quad 1s\beta \quad 2s\alpha \quad 2s\beta \quad 2p_x\alpha \quad 2p_x\beta| \equiv \underset{1s}{\uparrow\downarrow} \quad \underset{2s}{\uparrow\downarrow} \quad \underset{2p_x}{\uparrow\downarrow} \quad \underline{\quad 2p_y \quad} \quad \underline{\quad 2p_z \quad}$$

*Figura 4.* Función de onda usada como ejemplo en el átomo de carbono.

La configuración electrónica de la función de onda en este caso es $1s^2 2s^2 2p^2$. Simplemente indicamos cuántos orbitales de cada tipo usamos, pero sin especificar cuáles. La multiplicidad de espín de la función de onda es $M_s = 1$. Tenemos dos orbitales con espín $\alpha$ y dos con espín $\beta$. Por tanto, $S_{total} = = +1/2 + 1/2 - 1/2 - 1/2 = 0$. Y $M_s = 2|0| + 1 = 1$.

Para calcular la energía asociada a esta función de onda se parte de E_core, que mide la contribución a la energía total de los electrones internos, y se le van añadiendo las diferentes contribuciones a la energía total de los espín-orbitales usados. Es decir, para empezar: E_total = E_core + …

Integrales Up: en esta función de onda se usan dos orbitales 2s y dos de tipo 2p. Por tanto, la contribución a la energía de estas integrales será en este caso: $2U_{2s} + 2U_{2p}$. De este modo, la energía total se convierte en: E_total = E_core + $2U_{2s} + 2U_{2p}$ + …

Integrales Jpq: hay que considerar todas las repulsiones entre espín-orbitales de valencia usados en la función de onda. La forma más cómoda de hacerlos es empezar por el primer espín-orbital que se use en la función de onda y añadir a la energía total todas las interacciones de este espín-orbital con el resto. Después se continúa con el resto de espín-orbitales usados, pero sin repetir las interacciones ya consideradas.

- Interacciones con el espín-orbital 2sα:
  Interacción entre 2sα y 2sβ: $J_{2s2s}$
  Interacción entre 2sα y $2p_x\alpha$: $J_{2s2p}$
  Interacción entre 2sα y $2p_x\beta$: $J_{2s2p}$
- Interacciones con el espín-orbital 2sβ:
  Interacción entre 2sβ y $2p_x\alpha$: $J_{2s2p}$
  Interacción entre 2sβ y $2p_x\beta$: $J_{2s2p}$
- Interacciones con el espín-orbital $2p_x\alpha$:
  Interacción entre $2p_x\alpha$ y $2p_x\beta$: $J_{2p2p}$ (Integral de tipo Jpp y no Jpp′)
- Interacciones con el espín-orbital $2p_x\beta$:
  Ya han sido consideradas previamente.

De este modo, la contribución a la energía total de las integrales Jpq es en este caso: $J_{2s2s} + 4J_{2s2p} + J_{2p2p}$ y la energía total se convierte en: E_total = E_core + $2U_{2s} + 2U_{2p} + J_{2s2s} + 4J_{2s2p} + J_{2p2p}$ + …

Integrales Kpq: operamos como en el caso de las integrales Jpq pero considerando ahora exclusivamente las interacciones entre espín-orbitales con el mismo espín.

- Interacciones con el espín-orbital 2sα:
  Interacción entre 2sα y $2p_x\alpha$: $K_{2s2p}$
- Interacciones con el espín-orbital 2sβ:
  Interacción entre 2sβ y $2p_x\beta$: $K_{2s2p}$
- Interacciones con el espín-orbital $2p_x\alpha$ y $2p_x\beta$:
  Ya han sido consideradas previamente.

De este modo, la contribución a la energía total de las integrales Kpq es en este caso: $2K_{2s2p}$, y disminuyen la energía del sistema.

De esta forma, la energía total se convierte finalmente en: E_total = E_core + $2U_{2s} + 2U_{2p} + J_{2s2s}$ + + $4J_{2s2p} + J_{2p2p} - 2K_{2s2p}$. Para obtener el valor numérico basta sustituir las integrales por los valores que aparecen en la *tabla 1*.

| E_core | $U_{2s}$ | $U_{2p}$ | $J_{2s2s}$ | $J_{2s2p}$ | $J_{2p2p}$ | $J_{2p2p'}$ | $K_{2s2p}$ | $K_{2p2p'}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| –32.3444 | –2.2816 | –1.8671 | 0.5835 | 0.5526 | 0.5675 | 0.5064 | 0.1192 | 0.0306 |

*Tabla 1.* Valores de las integrales de energía del átomo de carbono. En Hartrees.

Usaremos ahora el modelo para estudiar la estructura electrónica del carbono. Se escriben a continuación las funciones de onda asociadas a los primeros seis estados electrónicos del carbono y sus energías, en unidades atómicas de energía (Hartrees).

$$E_1 \rightarrow \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow\downarrow}{2s}\frac{\uparrow\downarrow}{2p_x}\frac{}{2p_y}\frac{}{2p_z} \equiv \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow\downarrow}{2s}\frac{}{2p_x}\frac{\uparrow\downarrow}{2p_y}\frac{}{2p_z} \equiv \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow\downarrow}{2s}\frac{}{2p_x}\frac{}{2p_y}\frac{\uparrow\downarrow}{2p_z}$$

$$E_1 = E_{core} + 2U_{2s} + 2U_{2p} + J_{2s2s} + 4J_{2s2p} + J_{2p2p} - 2K_{2s2p} = -37.5187 u.a.$$

*Figura 5.* En estas funciones de onda los espín-orbitales 2p se escogen con la mismas partes espaciales y partes de espín diferentes.

$$E_2 \rightarrow \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow\downarrow}{2s}\frac{\uparrow}{2p_x}\frac{\downarrow}{2p_y}\frac{}{2p_z} \equiv \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow\downarrow}{2s}\frac{\downarrow}{2p_x}\frac{\uparrow}{2p_y}\frac{}{2p_z} \equiv \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow\downarrow}{2s}\frac{\uparrow}{2p_x}\frac{}{2p_y}\frac{\downarrow}{2p_z} \equiv \ldots$$

$$E_2 = E_{core} + 2U_{2s} + 2U_{2p} + J_{2s2s} + 4J_{2s2p} + J_{2p2p'} - 2K_{2s2p} = -37.5799 u.a.$$

*Figura 6.* En estas funciones de onda los espín-orbitales 2p se escogen con distintas partes espaciales y partes de espín diferentes.

$$E_3 \rightarrow \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow\downarrow}{2s}\frac{\uparrow}{2p_x}\frac{\uparrow}{2p_y}\frac{}{2p_z} \equiv \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow\downarrow}{2s}\frac{\downarrow}{2p_x}\frac{\downarrow}{2p_y}\frac{}{2p_z} \equiv \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow\downarrow}{2s}\frac{\uparrow}{2p_x}\frac{}{2p_y}\frac{\uparrow}{2p_z} \equiv \ldots$$

$$E_3 = E_{core} + 2U_{2s} + 2U_{2p} + J_{2s2s} + 4J_{2s2p} + J_{2p2p'} - 2K_{2s2p} - K_{2p2p'} = -37.6105 u.a.$$

*Figura 7.* En estas funciones de onda los espín-orbitales 2p se toman con distintas partes espaciales y con las mismas partes de espín.

$$E_4 \rightarrow \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow}{2s}\frac{\uparrow}{2p_x}\frac{\uparrow}{2p_y}\frac{\uparrow}{2p_z} \equiv \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\downarrow}{2s}\frac{\downarrow}{2p_x}\frac{\downarrow}{2p_y}\frac{\downarrow}{2p_z}$$

$$E_4 = E_{core} + U_{2s} + 3U_{2p} + 3J_{2s2p} + 3J_{2p2p'} - 3K_{2s2p} - 3K_{2p2p'} = -37.4997 u.a.$$

*Figura 8.* En estas funciones de onda todos los espín-orbitales se escogen con distintas partes espaciales y mismas partes de espín.

$$E_5 \rightarrow \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow}{2s}\frac{\uparrow\downarrow}{2p_x}\frac{\uparrow}{2p_y}\frac{}{2p_z} \equiv \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow}{2s}\frac{\uparrow\downarrow}{2p_x}\frac{}{2p_y}\frac{\uparrow}{2p_z} \equiv \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\downarrow}{2s}\frac{}{2p_x}\frac{\uparrow\downarrow}{2p_y}\frac{\downarrow}{2p_z} \equiv \ldots$$

$$E_5 = E_{core} + U_{2s} + 3U_{2p} + 3J_{2s2p} + J_{2p2p} + 2J_{2p2p'} - 2K_{2s2p} - K_{2p2p'} = -37.2582 u.a.$$

*Figura 9.* En estas funciones de onda se escogen dos espín-orbitales 2p con las mismas partes espaciales y el otro espín-orbital 2p se escoge con distinta parte espacial y con la misma parte de espín que el 2s.

$$E_6 \rightarrow \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow}{2s}\frac{\uparrow}{2p_x}\frac{\uparrow}{2p_y}\frac{\downarrow}{2p_z} \equiv \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\uparrow}{2s}\frac{\downarrow}{2p_x}\frac{\uparrow}{2p_y}\frac{\uparrow}{2p_z} \equiv \frac{\uparrow\downarrow}{1s}\frac{\downarrow}{2s}\frac{\downarrow}{2p_x}\frac{\uparrow}{2p_y}\frac{\downarrow}{2p_z} \equiv \ldots$$

$$E_6 = E_{core} + U_{2s} + 3U_{2p} + 3J_{2s2p} + 3J_{2p2p'} - 2K_{2s2p} - K_{2p2p'} = -37.3194 u.a.$$

*Figura 10.* En estas funciones de onda todos los espín-orbitales se escogen con partes espaciales diferentes y el mismo espín, salvo uno de los 2p que se escoge con diferente parte de espín.

Como se puede observar hay funciones de onda que tienen la misma energía por lo que describen el mismo estado electrónico. Cualquiera de ellas es una representación válida de dicho estado electrónico. Es lo que se conoce como degeneración y ocurría con el hidrógeno al resolver la ecuación de Schrödinger.

Si ordenamos de menor a mayor las energías ($E_3 < E_2 < E_1 < E_4 < E_6 < E_5$) podemos «descubrir» el estado fundamental y su configuración electrónica. Como se puede observar, los tres primeros estados pertenecen a la configuración electrónica $1s^2 2s^2 2p^2$, que será la fundamental y los otros estados pertenecen a la configuración excitada $1s^2 2s^1 2p^3$. La explicación habitual suele ser que la energía de un orbital 2s es menor que la de uno 2p. Pero, en realidad, la explicación no tiene nada que ver con las energías de los orbitales, sino con la energía total del estado considerado.

El estado fundamental del átomo de carbono, el de menor energía, es en este caso el asociado a las funciones de onda con la mayor multiplicidad de espín ($E_3$) recogidas en la figura 7. Esto ocurre con el resto de elementos de la tabla periódica y es lo que se conoce como la *regla de máxima multiplicidad de Hund*: el estado fundamental de un átomo viene determinado por la función de onda de la máxima multiplicidad de espín.

Los datos de espectroscopia experimentales miden las diferencias de energía entre los estados electrónicos observables. Para comparar con ellos hay que calcular las diferencias de energía entre el estado considerado y el fundamental. Los resultados para los estados electrónicos del carbono estudiados antes se presentan en la *tabla 2*.

| Estado electrónico | Configuración $e^-$ | Multiplicidad total | MCAI | Experimental |
|---|---|---|---|---|
| $E_3$ | $1s^2 2s^2 2p^2$ | 3 | 0.0000 | 0.0000 |
| $E_2$ | $1s^2 2s^2 2p^2$ | 1 | 0.8323 | 1.2637 |
| $E_1$ | $1s^2 2s^2 2p^2$ | 1 | 2.4969 | 2.6840 |
| $E_4$ | $1s^2 2s^1 2p^3$ | 5 | 3.0144 | 4.1826 |
| $E_6$ | $1s^2 2s^1 2p^3$ | 3 | 7.9212 | 7.9458 |
| $E_5$ | $1s^2 2s^1 2p^3$ | 3 | 9.5857 | 9.3303 |

*Tabla 2.* Diferencias de energía en electrón-voltios entre el estado considerado y el fundamental, $E_3$. El primer valor es cero porque los dos estados considerados son el mismo, el fundamental. Se comparan los resultados del modelo MCAI con los experimentales. Se dan los valores en electrón-voltios.

Se verá ahora cómo calcular potenciales de ionización con el átomo de carbono. Se define el potencial de ionización como la energía que hay que aportar para eliminar un electrón del átomo o ion considerado. En este modelo se calculan como las diferencias de energía entre los estados fundamentales de los iones implicados. Por ejemplo, el primer potencial de ionización del carbono se calcula como la diferencia de energía entre los estados fundamentales del catión, $C^+$, y del carbono neutro, $C^0$. El segundo potencial de ionización será la diferencia de energía entre los estados fundamentales del $C^{2+}$ y el $C^+$, etc.

En la *tabla 3* se presentan las energías de los estados fundamentales de los iones de valencia del carbono y en la *tabla 4* los potenciales de ionización.

| Ion | Función de onda | Config.e- | Ms | Energía (en Hartrees) |
|---|---|---|---|---|
| $C^{+1}$ | $1s\alpha 1s\beta 2s\alpha 2s\beta 2p_x\alpha$ | $1s^2 2s^2 2p^1$ | 2 | $E = E_core + 2U_{2s} + U_{2p} + J_{2s2s} + 2J_{2s2p} - K_{2s2p} = -37.2052.$ |
| $C^{+2}$ | $1s\alpha 1s\beta 2s\alpha 2s\beta$ | $1s^2 2s^2$ | 1 | $E = E_core + 2U_{2s} + J_{2s2s} = -36.3242$ |
| $C^{+3}$ | $1s\alpha 1s\beta 2s\alpha$ | $1s^2 2s^1$ | 2 | $E = E_core + U_{2s} = -34.6261$ |
| $C^{+4}$ | $1s\alpha 1s\beta$ | $1s^2$ | 1 | $E = E_core = -32.3443$ |

*Tabla 3.* Estados fundamentales de los primeros iones del carbono, en Hartrees. El carbono neutro se ha descrito en la figura 7. En $C^{+1}$ se puede escoger cualquier espín-orbital 2p en la función de onda y, en este caso, se ha escogido el $2\boldsymbol{p_x}$. En $C^{+3}$ también sería válida la función de onda construida con el $2\boldsymbol{s}\beta$.

| Potencial de ionización | MCAI | Experimental[7] |
|---|---|---|
| $P.I.1 = E(C^{+1}) - E(C^0)$ | 11.260 | 11.027 |
| $P.I.2 = E(C^{+2}) - E(C^{+1})$ | 24.385 | 23.974 |
| $P.I.3 = E(C^{+3}) - E(C^{+2})$ | 47.888 | 46.209 |
| $P.I.4 = E(C^{+4}) - E(C^{+3})$ | 64.494 | 62.087 |

*Tabla 4.* Potenciales de ionización de valencia, en electrón-voltios, del átomo de carbono.

Por último, se presenta el primer potencial de ionización de los primeros elementos de la tabla periódica que predice el modelo MCAI y se comparan con los resultados experimentales.

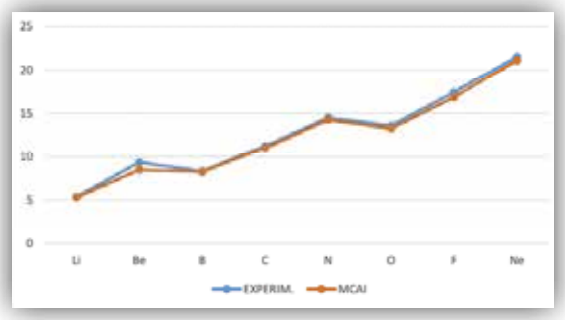



*Figura 11.* Primer potencial de ionización, en e.v., del Li al Ne[5].

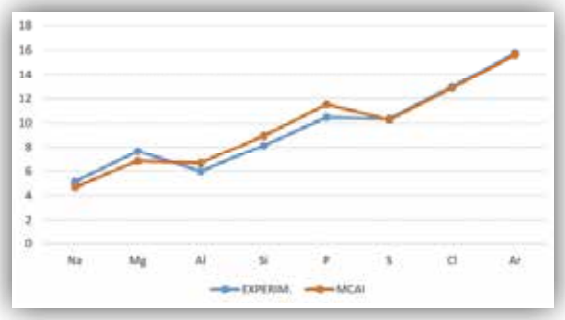



*Figura 12.* Primer potencial de ionización, en e.v., del N a al Ar[5].

Como se puede observar los resultados predichos por el modelo están en muy buen acuerdo con los experimentales y permiten explicar correctamente el comportamiento periódico de los potenciales de ionización de los primeros elementos del sistema periódico.

## CONCLUSIONES

Se presenta un modelo atómico de orbitales que pretende ser suficientemente riguroso con los principios mecanocuánticos fundamentales al tiempo que suficientemente sencillo como para ser usado en un aula de Bachillerato.

La finalidad es que el alumno sea capaz de calcular las energías de los estados electrónicos predichos por el modelo y de esta forma «descubrir» cómo se explica mediante orbitales la estructura electrónica y las propiedades periódicas de los elementos.

# Donde ahora hay, ¿antes hubo? Cómo el modelo de ser vivo nos ayuda a entender la conservación de los alimentos y poderla llevar a cabo

Miren Begoñe Burgoa Etxaburu

*Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea. Grupo de recerça LIEC Universitat Autònoma de Barcelona. Departamento de la Matemática y las Ciencias Experimentales.*
*c/ Trobika 11-2 ezkerra - 48100 Mungia, Bizkaia*
bbetxaburu@gmail.com

**Palabras clave:** Modelo de ser vivo, generación espontánea, contaminación microbiana, transferencia, conservación de alimentos.

**Keywords:** Model living beings, spontaneous generation, microbial contamination, transfer, food preservation.

**Resumen**

El trabajo que se presenta a continuación se fundamenta en la actividad científica escolar llevada a cabo con alumnado de 4.º de la ESO (País Vasco). Tiene por objetivo que el alumnado profundice en el modelo *ser vivo* y lo aplique a la conservación de alimentos. Se trata de un conjunto de actividades contextualizadas que se inicia cuando la profesora lleva al aula muestras contaminadas de alimentos. La reflexión llevada a cabo por el alumnado y la profesora señala beneficios de la propuesta en la modelización, así como en la transferencia del modelo *ser vivo* en la conservación de los alimentos.

**Abstract**

The following piece of work is based on the school scientific activity performed with 15 to 16-year-old students (4th ESO) from the Basque Country. The aim of this job is for the students to go deeply into the model *living beings* and then, to apply it to food preservation. It consists of a number of contextualized tasks that start with the teacher bringing a few samples of contaminated food. The students and teacher's reflections on the subject not only show the benefits of the proposal for modelling but also in the transfer of the model *living beings* to food preservation.

## Introducción

La actividad se plantea dentro del tema de los seres vivos, una vez trabajadas las funciones vitales. Todo surge cuando la profesora lleva al aula dos muestras distintas: una de harina y la otra de azúcar. La curio-

sidad aflora al ver que en ambas muestras se encuentran seres vivos que no deberían estar ahí (gusanos en la primera y hormigas en la segunda). Las preguntas planteadas (al ver el asombro del alumnado) son: *¿Qué pensáis que ha sucedido? ¿Cómo han llegado ahí estos animales?* Tras las primeras respuestas y discusiones, la profesora indica que la aparición de seres vivos en alimentos, por ejemplo, ha sido una cuestión ampliamente investigada a lo largo de la historia. Para que se sitúen un poco en la complejidad que ello ha supuesto invita a los distintos grupos a dos lecturas de los investigadores Jan Baptiste van Helmont (1580-1644) y Francesco Redi (1626-1697). El primero es férreo defensor de la generación espontánea, mientras el segundo solo lo mantiene en algún caso. Se trabajan los textos en el sentido de las ideas que plantean, la hipótesis que formulan, la metodología de la investigación llevada a cabo y las conclusiones. Posteriormente se discute y valora si los puntos de vista defendidos por los autores responden a las inquietudes sobre el tema planteadas en el aula. También se invita a los grupos a diseñar una investigación que pueda ayudarles a resolver las preguntas iniciales. Para ello se trabaja en las cuestiones fundamentales de la metodología de la investigación científica: tener en cuenta el problema que deben de resolver, plantear una hipótesis relacionada con el problema, planificar la investigación, recoger los datos e interpretarlos y por último llegar a las conclusiones que estimen oportunas en relación a la hipótesis formulada. Por último, los estudiantes deben exponer sus resultados en un foro al cual asisten personas especializadas en el tema. El resto de compañeros y compañeras llevan a cabo una coevaluación de las comunicaciones presentadas basándose en parámetros que toda investigación científica debe cumplir.

## Marco teórico

Una de las metas más importantes del aprendizaje de conocimientos científicos es proporcionar estrategias y recursos que posibiliten utilizarlos para analizar críticamente hechos que suceden en nuestro entorno y para tomar decisiones de actuación, individuales y colectivas, bien fundamentadas[1]. La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias dentro del paradigma competencial sitúan al quehacer del aula como una actividad compleja, ya que requiere aplicar y poner en relación diferentes campos del saber. En esta línea, el proyecto PISA (2015) especifica que «La competencia científica es la capacidad que tiene un ciudadano reflexivo para involucrarse en cuestiones relacionadas con la ciencia y con las ideas de la ciencia». Para ello deberá ser capaz de:

a) *Explicar fenómenos científicamente*: reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones para un amplio abanico de fenómenos naturales y tecnológicos.

b) *Evaluar y diseñar investigaciones científicas*: proponer formas de abordar cuestiones científicamente, y planificar y evaluar investigaciones.

c) *Interpretar datos y pruebas desde un punto de vista científico*: analizar y evaluar datos, afirmaciones y argumentos de diversa naturaleza, y redactar conclusiones científicas adecuadas.

Para que la escuela forme personas competentes en ciencias se requiere la aplicación de una diversidad de actividades que se interrelacionan entre ellas en el marco de lo que se denomina *actividad científica escolar* (ACE), en la que influyen todas las variables (hacer, comunicar, pensar, modelo teórico) que condicionan cualquier producción humana y donde se prioriza el pensamiento crítico y la toma de decisiones[2]. La actividad escolar planteada en esta ocasión implica el reto de situar a los estudiantes frente a la contaminación de alimentos, hecho interesante para cualquier persona. Se busca enseñar al estudiante a mirar y a pensar utilizando el modelo de ser vivo reconocido por la comunidad científica. Para ello, es

---

[1] SANMARTÍ, N.; BURGOA, B. y NUÑO, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, *17*(67), 62-69.

[2] IZQUIERDO, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las ciencias sociales: revista de investigación*, (6), 125-138.

necesario que se le ayude a regular sus ideas iniciales paulatinamente, a partir tanto de pruebas obtenidas experimentalmente o en fuentes de informaciones diversas como de argumentos generados en discusiones con los demás. Ello significa un cambio en el paradigma de enseñanza-aprendizaje; la enseñanza de las ciencias no puede estar fundamentada en la transmisión al alumnado de informaciones, hechos y porciones de conocimiento formulado de manera abstracta. Hoy día es bien sabido que el trabajo que el docente lleve a cabo con las ideas iniciales que el estudiante posee marcará una línea en la actuación competencial durante la transferencia[3]. En este sentido destaca el concepto de *modelo* y el proceso para su construcción, la *modelización*.

Los modelos teóricos se consideran representaciones mentales que agrupan conceptos, experiencias, lenguaje, emociones, etc., y que se utilizan para explicar fenómenos muy diversos y para hacer predicciones. Esta actividad escolar pretende trabajar el modelo de ser vivo.

## Aprender conocimientos científicos a partir de una situación contextualizada

En la enseñanza de las ciencias se considera que los contextos de aprendizaje son situaciones focalizadas y complejas que abarcan hechos importantes y relevantes socialmente. Son próximos al entorno cultural del alumnado y permiten captar su interés por comprenderlos y explicarlos. También se caracterizan por su potencialidad para producir un conocimiento útil para interpretar los hechos relacionados con este contexto y con otros muchos más[4]. La contextualización de las preguntas en hechos y situaciones de la vida real es importante, no solo para evaluar la capacidad del alumnado de transferir los conocimientos a nuevas situaciones, sino también porque es una manera de demostrar al alumnado que la ciencia habla de la vida real y que muchas preguntas de la vida se pueden resolver científicamente[5]. La actividad escolar que se expone posee sentido en dos situaciones contextualizadas. El proceso de aprendizaje toma como eje la contaminación de dos muestras de alimento (harina y azúcar) y el proceso de transferencia, la conservación de los alimentos.

## Modelo teórico. El modelo de ser vivo

Se define como modelo[6] aquella representación abstracta y simplificada de un sistema que se centra en sus características centrales que sirve para explicar y predecir fenómenos científicos. El proceso de modelización, es decir, el proceso de construcción de modelos mentales, se genera mediante los razonamientos y experiencias que se llevan a cabo[7] y es señalado como clave en el aprendizaje de las ciencias en la escuela. Además, la práctica de modelización en el aula, permite a los docentes acceder a las ideas del alumnado, y a conocer cómo estas evolucionan a través de la comunicación de sus modelos mentales[8]. A ello contribuyen el razonamiento, la argumentación y el pensamiento crítico.

---

[3] Burgoa, B. (2014). *La transferencia de contenidos matemáticos a contextos científicos: el concepto de función* (Tesis doctoral). Universidad del País Vasco.

[4] Sanmartí, N.; Burgoa, B. y Nuño, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, *17*(67), 62-69.

[5] Goytia, E.; Besson, I.; Gasco, J. y Domènech, J. (2015). Evaluar habilidades científicas: indagación en los exámenes, ¿una vía para cambiar la práctica didáctica en el aula? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (79), 1001-1011.

[6] Schwartz, C. V.; Reiser, B. J.; Davis, E. A.; Kenyon, L.; Achér, A.; Fortus, D., … y Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 632-654.

[7] Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, *24*(2), 173-184.

[8] Mendonça, P. C. C. y Justi, R. (2014). An instrument for analyzing arguments produced in modeling-based chemistry lessons. *Journal of research in science teaching*, *51*(2), 192-218.

Un aspecto básico del proceso de modelización es la experimentación orientada a la introducción de nuevas maneras de observar e identificar pruebas que posibiliten la revisión y evolución del propio modelo. Así, tanto la investigación científica como los nuevos marcos curriculares de ciencias señalan que la construcción de modelos y su aplicación deben estar centrados en la participación del alumnado en las prácticas científicas[9]. En este sentido las investigaciones[10] destacan el que exista correspondencia entre las prácticas científicas de indagación, modelización y argumentación con el currículo de ciencias. Dichas prácticas deben integrar el conocimiento científico, pues poseen su propia naturaleza epistemológica[11].

Para llevar a cabo el proceso de modelización, se analiza la situación contextualizada desde una visión sistémica, que conlleva estudiar una realidad desde su complejidad a partir de analizar las interacciones entre las partes. En la figura 1 se muestra un modo de concretar la visión sistémica en la ciencia escolar, a partir de la cual se afronta el estudio del modelo de ser vivo en relación a los alimentos. En ella se recogen ideas-clave y comunes que están en la base de la construcción del modelo de ser vivo: (a) los *límites arbitrarios* que especifican qué hay fuera del sistema (alrededor) y qué hay y qué pasa dentro.; (b) una *estructura* determinada por los elementos que lo forman y sus interrelaciones; (c) los *cambios* producidos y (d) los *intercambios de energía*, *materia* e *información* con su entorno.

En esta ocasión, por lo tanto, se pretende profundizar en el modelo de ser vivo en relación con su entorno.




*Figura 1*. Representación del modelo de ser vivo en relación a los alimentos (adaptado del modelo no publicado propuesto por Sanmarti y Pigrau, 2015).

[9] AZNAR, V. y PUIG, B. (2016). ¿Qué conocimientos movilizan un grupo de futuros docentes para elaborar el modelo de infección por tuberculosis? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *13* (2), 264-278.

[10] JIMÉNEZ ALEXANDRE, M. P. (2012). Las prácticas científicas en la investigación y en el aula de Ciencias. Conferencia plenaria. *XXV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5-7.

[11] BERNAL, B. V. y PÉREZ, R. J. (2016). Modelización de un constructo teórico sobre la percepción del alumnado en procesos de indagación en ciencias. *Revista de psicodidáctica*, *21* (1), 25-44.

## La investigación científica

Más allá del dominio de los principales modelos científicos (el ciclo del agua, el modelo atómico, la tectónica de placas, la evolución de las especies, ser vivo…), la formación de ciudadanos competentes científicamente implica también la adquisición de habilidades y estrategias que conducen a la construcción del conocimiento científico (elaboración de hipótesis, diseño de experimentos, análisis de datos, comunicación de resultados…)[12]. Las estrategias de la enseñanza de las ciencias basadas en la indagación proponen instrumentalizar el método científico para generar aprendizajes, una opción que mejora el interés y la implicación del alumnado en el aprendizaje[13]. En este sentido, la investigación que el alumnado lleva a cabo por grupos responde a esta necesidad. Para ello, además, se busca promover el desarrollo de actitudes importantes para el trabajo científico: perseverancia, autonomía, liderazgo, espíritu crítico, emoción de encontrar respuestas…

## Ciclo de enseñanza y aprendizaje

Toda secuenciación de actividades de enseñanza-aprendizaje en la ACE que buscan la modelización y la transferencia del modelo construido a situaciones nuevas diversas y complejas debería situarse en unos ejes cartesianos que sitúan dicho proceso de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto. Por otra parte, debería llevarse a cabo a través de las siguientes cuatro etapas (modificación de la realizada por la autora)[14]:

### *Etapa de exploración*

Durante esta etapa los estudiantes se sitúan en la temática de estudio, bien identificando el problema planteado –contaminación de alimentos–, y formulando sus propios puntos de vista, bien reconociendo cuáles son los objetivos del trabajo que se les ha propuesto y el punto de partida. Para ello, se les presentan dos muestras, una de harina y gusanos y la otra de azúcar y hormigas. A continuación se realizan las siguientes preguntas: *¿Cómo es que vemos aquí estos animales? ¿Cómo se han originado? ¿En los dos casos el origen será similar? ¿Qué habrá sucedido en cada caso?*

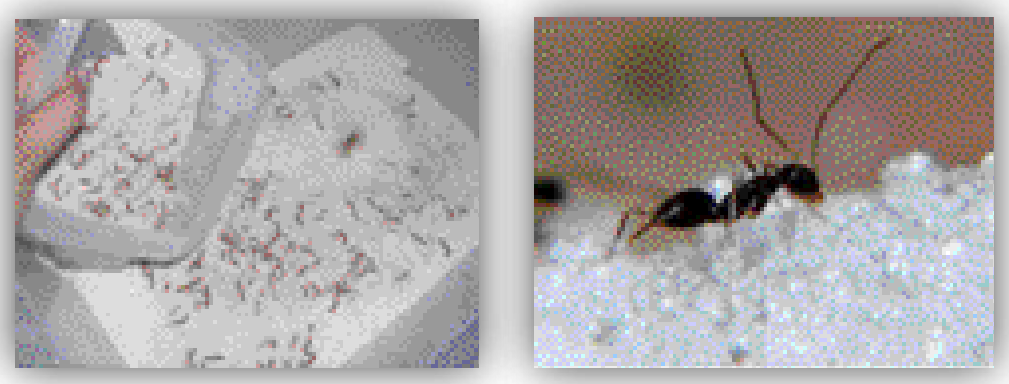


*Figura 2*. Muestras de alimentos contaminados llevadas al aula.

[12] Pedrinaci, E.; Caamaño, A.; Cañal, P. y De Pro, A. (2012). *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. (Vol. 19). Ed. Graó, p. 294.

[13] Goytia, E.; Besson, I.; Gasco, J. y Domènech, J. (2015). Evaluar habilidades científicas: indagación en los exámenes, ¿una vía para cambiar la práctica didáctica en el aula? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales* (79), 1001-1011.

[14] Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua: propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Ministerio de Educación.

Las ideas expuestas ayudan a conocer las ideas previas que el alumnado posee sobre el concepto ser vivo. Hasta la fecha casi siempre han estudiado la reproducción a partir de un progenitor, que en la mayoría de los casos era igual y que, además, se podía observar. En esta ocasión no se ha visto al antecesor del ser vivo invasor del alimento. Algunos estudiantes, sobre la muestra de harina, indican que esta se ha deteriorado y como consecuencia han aparecido los gusanos (idea sobre generación espontánea). En cambio en el caso de las hormigas, creen que los invasores han venido de fuera y que, por lo tanto, debe de tener alguna abertura.

*Etapa de actividades de introducción de concepto, procedimientos y de modelización*

Las actividades que se plantean durante esta etapa están orientadas a favorecer que el alumnado pueda identificar nuevos puntos de vista en relación a la contaminación de los alimentos que le permitan definir el modelo de ser vivo, relaciones entre los conocimientos anteriores y los nuevos. Se trata de que el estudiante identifique nuevas formas de mirar, de interpretar los fenómenos y modelizarlos, es decir, de promover el aumento en el grado de complejidad y abstracción de los modelos o representaciones iniciales de los estudiantes.

En esta labor se destacan dos actividades: (a) el acercamiento histórico a los investigadores Van Helmont y Francesco Redi, y (b) la investigación llevada a cabo por los grupos, donde se insiste en la metodología científica.

a) *Acercamiento histórico*: se propone que los estudiantes asuman el papel de dos investigadores enfrentados en dos cuestiones fundamentales para la ciencia: contaminación de alimentos y generación espontánea. Para ello se emplean los escritos de Van Helmont (1580-1644) y Francesco Redi (1626-1697) (figura 3). Se requiere de los estudiantes discutir y decidir sobre las cuestiones demandadas en la figura 4.

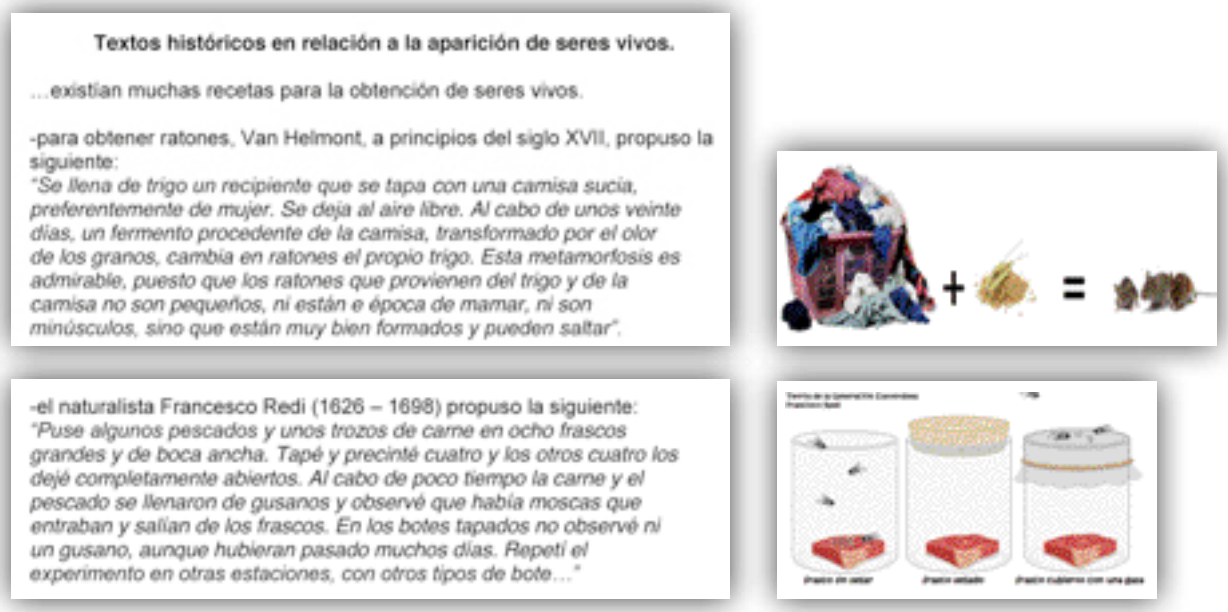



*Figura 3.* Textos históricos utilizados en la propuesta didáctica.

b) *Investigación científica*: se propone llevar a cabo una investigación científica que pueda ayudar a resolver las preguntas iniciales. Para ello, cada grupo debe diseñar la investigación, formular hipótesis y contrastar mediante los datos obtenidos la veracidad o no de lo formulado. Por último, todos los trabajos son comunicados al grupo aula, son contrastados y evaluados (coevaluación). Para este acto se invita a una persona experta que también participa haciendo preguntas a cada grupo. La persona experta ayudará a resolver las incertidumbres que van surgiendo.

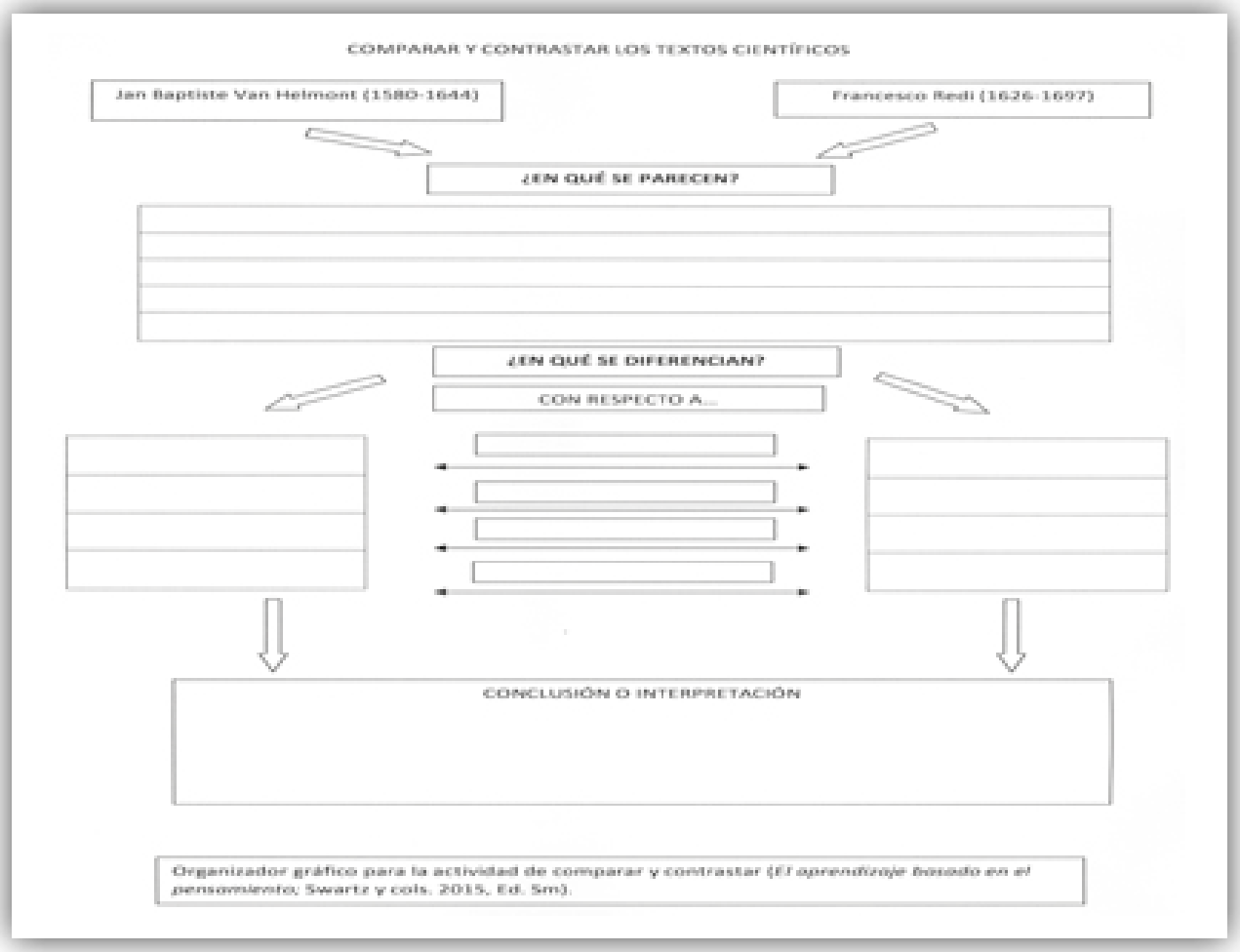



*Figura 4*. Plantilla para comparar y contrastar textos científicos.
(Modificado del propuesto por Swartz, Costa, Beyer, Reagan y Kallick, 2015[15].)

En la primera fase del diseño experimental se observa poca variedad en los experimentos, en general, solo varia el tipo de alimentos.



*Figura 5*. Muestras de las investigaciones llevadas a cabo.

[15] SWARTZ, R.; COSTA, A.; BEYER, B.; REAGAN, R. y KALLICK, B. (2015). *El aprendizaje basado en el pensamiento. Cómo desarrollar las competencias del siglo XXI*. UE. Editorial SM, p. 281.

Cada grupo toma los datos sobre las variables que consideran importantes en la investigación.



*Figura 6*. Recogida de datos de las investigaciones.

Posteriormente, las muestras son analizadas a través del microscopio.



*Figura 7*. Observación de las muestras obtenidas al microscopio.

***Etapa de estructuración del conocimiento***: a través de ella se pretende ayudar al estudiante a construir el conocimiento. Se trata de una etapa de interacción entre los compañeros y compañeras de grupo donde la profesora actúa de guía y la persona experta también aporta parte de su conocimiento. Para ello cada grupo y persona durante las exposiciones ha debido crear un discurso coherente con las ideas que han ido construyendo en la etapa anterior.

***Etapa de aplicación y transferencia***: se considera que para conseguir que el aprendizaje sea significativo, se deben ofrecer oportunidades para que los estudiantes apliquen sus concepciones revisadas a situaciones o contextos cotidianos. La transferencia forma parte del proceso de construcción del conocimiento. En este trabajo se pregunta al alumnado si lo aprendido puede ser útil y en qué sentido y cuáles son las variables más destacadas a tener en cuenta a la hora de conservar los alimentos. Cada grupo elabora sus propuestas que han de ser fundamentadas científicamente (ver figura 8).

### *Evaluación*

A lo largo de todo el proceso se lleva a cabo la ***evaluación***, impulsando la autorregulación[16] en la investigación, en la comunicación de ideas y resultados, y durante la transferencia del modelo aplicado. La coevaluación se canaliza mediante la plantilla de la figura 9, creada por la autora para la investigación.

[16] SANMARTÍ, N. (2007). *10 ideas clave. Evaluar para aprender* (Vol.1). Ed. Graó, p. 142.



**Actividad: TOMA DE DECISIONES EFICAZ A LA HORA DE CONSERVAR LOS ALIMENTOS**

1. ¿Por qué es necesario tomar esta decisión?
2. ¿Qué opciones tengo?
3. ¿Qué consecuencias puede tener cada una de esas opciones?
4. ¿Qué importancia tienen las consecuencias?
5. ¿Cuál es la mejor opción a la luz de las consecuencias?

*Mapa de pensamiento para la toma de decisiones (El aprendizaje basado en el pensamiento;* Swartz y cols. 2015, Ed. Sm).

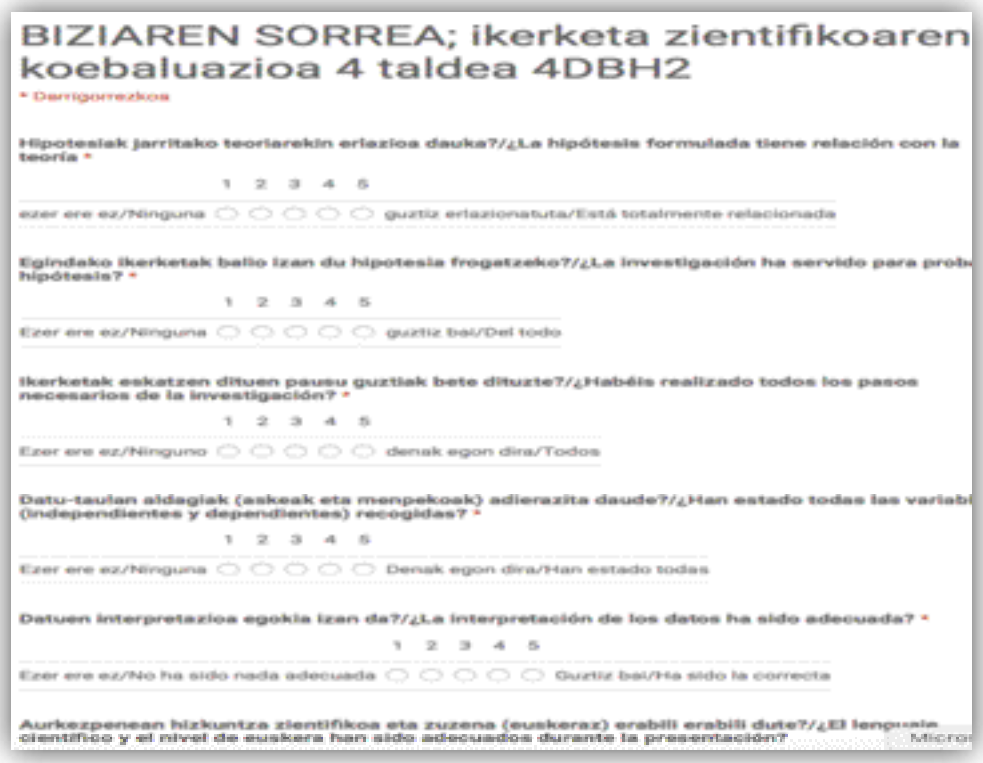
**TOMA REFLEXIVA DE DECISIONES**

OPCIONES

OPCIÓN QUE VAMOS A TOMAR EN CONSIDERACIÓN

| CONSECUENCIAS ¿Qué ocurrirá si elijo esta opción? | APOYO ¿Por qué crees que surgirán tales consecuencias? | VALOR ¿Hasta qué punto tienen importancia las consecuencias? ¿Por qué? |
|---|---|---|
| | | |

*Figura 8*. Plantilla para trabajar la toma de decisiones (Swartz, Costa, Beyer, Reagan y Kallick, 2015).



**BIZIAREN SORREA; ikerketa zientifikoaren koebaluazioa 4 taldea 4DBH2**

* Derrigorrezkoa

**Hipotesiak jarritako teoriarekin erlazioa dauka?/¿La hipótesis formulada tiene relación con la teoría ***

1 2 3 4 5

ezer ere ez/Ninguna ○ ○ ○ ○ ○ guztiz erlazionatuta/Está totalmente relacionada

**Egindako ikerketak balio izan du hipotesia frogatzeko?/¿La investigación ha servido para prob hipótesis? ***

1 2 3 4 5

Ezer ere ez/Ninguna ○ ○ ○ ○ ○ guztiz bai/Del todo

**Ikerketak eskatzen dituen pausu guztiak bete dituzte?/¿Habéis realizado todos los pasos necesarios de la investigación? ***

1 2 3 4 5

Ezer ere ez/Ninguno ○ ○ ○ ○ ○ denak egon dira/Todos

**Datu-taulan aldagiak (askeak eta menpekoak) adierazita daude?/¿Han estado todas las variabl (independientes y dependientes) recogidas? ***

1 2 3 4 5

Ezer ere ez/Ninguna ○ ○ ○ ○ ○ Denak egon dira/Han estado todas

**Datuen interpretazioa egokia izan da?/¿La interpretación de los datos ha sido adecuada? ***

1 2 3 4 5

Ezer ere ez/No ha sido nada adecuada ○ ○ ○ ○ ○ Guztiz bai/Ha sido la correcta

**Aurkezpenean hizkuntza zientifikoa eta zuzena (euskeraz) erabili erabili dute?/¿El lenguaje científico y el nivel de euskera han sido adecuados durante la presentación?** Micros

*Figura 9*. Plantilla de coevaluación.

## CONCLUSIONES

La actividad científica escolar ha resultado beneficiosa tanto para la construcción del modelo de ser vivo como durante la toma de decisiones respecto a la conservación de los alimentos, momento de la transferencia. Además, el alumnado se ha sentido motivado a la hora de llevarlo a cabo, algo que ha sido manifestado durante la entrevista que se les ha realizado en un programa de radio, *La mecànica del caracol* ((http://www.eitb.eus/es/radio/radio-euskadi/programas/la-mecanica-delcaracol/audios/detalle/2928748/especial-ciencia-ondas-ies-mungia-bhi/). En cuanto a las actividades concretas planteadas, se ha observado en algunos grupos dificultad a la hora de llevar a cabo la sistematización de la toma de datos durante la investigación. Tal vez porque esta parte de los trabajos de laboratorio casi siempre está muy dirigida a cumplimentar fichas diseñadas por el docente. A lo largo de la investigación, los grupos van reflexionando sobre el modelo de ser vivo y las necesidades de este para su desarrollo, además de los factores que inciden directamente en la aparición de seres vivos en las muestras. Ello se debe a que la investigación requiere de procesos de control de variables, como, por ejemplo, la presencia de oxígeno en todas las muestras utilizadas (salchichas, pollo, etc.). Por otra parte, las diferencias observadas en los potes cerrados y abiertos: olor, color, temperatura, obligan al alumnado a reflexionar sobre los cambios producidos en las dos situaciones, aunque no vean ningún ser vivo en la muestra. El microscopio se considera clave para el análisis. Las conclusiones de cada grupo se comparan y discuten. Cuando el modelo teórico construido inicialmente se aplica a una nueva situación, hay que reconstruirlo. Para ello el estudiante, de modo activo, reconoce en qué aspectos es útil el modelo anterior y en qué otros es necesario revisarlo o ampliar su nivel de complejidad o abstracción. En esta etapa, es interesante que el estudiante compare su punto de vista con el inicial para llegar a reconocer las diferencias.

## AGRADECIMIENTOS

La reflexión metodológica contenida en este artículo se enmarca en el trabajo del grupo LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències) de la Universitat Autònoma de Barcelona, grupo de investigación consolidado LICEC (referencia 2014SGR1492) y financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (referencia EDU2015-66643-C2-1- P).

# Yo no tengo miedo a trabajar por proyectos. ¿Te atreves a aplicarlo en tus clases?

M.ª Mercedes Fernández González
*Profesora de Biología y Geología*
mercedes.fernandez@rcajal.es

Ana Alonso Martínez
*Profesora de Física y Química*
ana.alonso@rcajal.es

*Colegios Ramón y Cajal. C/ Arturo Soria - 28043 Madrid*

**Palabras clave:** Aprendizaje basado en proyectos (ABP), aprendizaje servicio, TIC, trabajo colaborativo, proyecto multidisciplinar.

**Keywords:** Project-based learning (PBL), service learning, TIC, cooperative learning, multidisciplinary project.

**Resumen**

Nuestros alumnos y su forma de aprender están cambiando. Para asimilar los contenidos tienen que hacerlos suyos, relacionándolos con la sociedad y el mundo en el que viven.

Mucho más motivador que los métodos tradicionales, el trabajo mediante proyectos multidisciplinares reta a los alumnos a convertirse en protagonistas de su propio aprendizaje, se establece una verdadera relación entre el aprendizaje en el aula y la realidad, comprobando que existe una auténtica conexión entre las materias.

Basado en la experiencia obtenida en el aula, se tratarán los diferentes motivos para animarse a trabajar mediante proyectos, perdiendo el miedo a la falta de tiempo, a no terminar los temarios o a que los alumnos no interioricen los contenidos.

**Abstract**

Our students and their method of learning is changing. In order to assimilate the contents of their course they need to be able to relate their learning with society and with the world in which they live. Much more motivational than traditional methodologies is working with multidisciplinary projects which require the student to become the protagonist of their own learning, a true relationship between classroom learning and reality sets in, in order to establish an authentic conexión between the materials.

Based on the experience obtained in the classroom it deals with the different motives necessary to interest the students to work via projects, to lose their fear caused by time pressures, or the inability to terminate the theme, or that the students is unable to assimilate the contents.

## I. Introducción

El Aprendizaje por Proyectos[1] se está aplicando en los centros educativos españoles, sin embargo, el Aprendizaje Servicio[2] es una metodología aún desconocida por muchos docentes. El trabajo mediante proyectos multidisciplinares reta a nuestros alumnos a ser responsables de su propio aprendizaje, conectando los temas tratados en el aula con la sociedad. Esta metodología permite profundizar en contenidos científicos que, por motivos de tiempo o amplitud de temario, no se podría tratar en las horas lectivas. De esta manera, se fomenta el interés de los alumnos por la investigación. El alumno desarrolla nuevas habilidades como la búsqueda de información, el pensamiento crítico, la toma de decisiones, la capacidad de trabajar en equipo y el uso de las TIC. El papel del profesor se centra en enseñar a sus alumnos cómo aprender, se convierte así en un facilitador del aprendizaje, y los conocimientos adquiridos por los estudiantes son relevantes, de tal manera que pueden aplicarlos en su vida diaria. Estas dos metodologías permiten que la educación se transforme en la verdadera palanca para el cambio social, favoreciendo el aprendizaje activo, la cooperación y el desarrollo interior del alumno.

En este artículo se pretende presentar parte de la experiencia en la aplicación de aprendizaje basado en proyectos y aprendizaje servicio, realizada en el colegio Ramón y Cajal, centro privado de educación, localizado en el distrito de Ciudad Lineal. Los dos proyectos que se desarrollarán a continuación: «Un mundo mejor» y «Dos ojos para 3D» son una pequeña muestra de los proyectos que hemos realizado en nuestro centro.

| NIVEL | TEMA CENTRAL | MATERIAS IMPLICADAS |
|---|---|---|
| 3º ESO | **Un mundo mejor** | Lengua, Física y Química, Geografía, Biología, Plástica, Inglés, Música. |
| 3º ESO | **ConCiencia inclusiva** | Física y Química + La Salle + Estudio 3+ RSEQ |
| 1º BACHILLERATO | **Dos ojos para 3D** | Física y Química; Biología y Geología |
| 1º BACHILLERATO | **Radiactividad** | Física y Química; Biología y Geología |
| 1º BACHILLERATO | **El poder de los cristales** | Física y Química; Biología y Geología |
| 1º BACHILLERATO | **Con mucho sentido** | Física y Química; Biología y Geología |

[1] Martí José A., Heydrich M., Rojas M., Hernández, A. (2010). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente. *Revista Universidad EAFIT*, vol. 46, núm. 158, ppn11-21, disponible en: http://www.redalyc.org/pdf/215/21520993002.pdf

[2] https://aprendizajeservicio.net/about/ [consultado el 10/02/2016].

## II. «Un mundo mejor»

### El proyecto

Este proyecto surgió de la mano de la profesora de Lengua y Literatura, que propuso a los alumnos de 3.º de la ESO desempeñar el papel de reporteros para investigar la situación de seis grupos sociales (inmigrantes, juventud, infancia, clase media, jubilados y discapacitados) y cómo les había afectado la crisis. En cada aula, los alumnos trabajaron en grupos cooperativos de seis personas y se les asignó un grupo social. Una vez elaboradas las preguntas del reportaje final, los alumnos entrevistaron a cuatro personas en la correspondiente situación social y recogieron su opinión sobre el aumento de la pobreza en España. Se entregó por escrito un documento PDF y un vídeo editado con «Imovie» o «movie maker». Los vídeos se compartieron en GoogleDrive o se subieron a los canales de Youtube de los alumnos.

La mayor parte de profesores del claustro de 3.º ESO se sumó a esta iniciativa con diferentes actividades en las que se relacionaban los contenidos del proyecto con el temario de cada asignatura.

Desde la asignatura de Expresión Plástica se elaboraron carteles temáticos para denunciar algunos de los problemas sociales que los alumnos habían investigado previamente. Estos carteles se expusieron en el centro.

La profesora de Música colaboró con el vídeo realizado en el área de Lengua y Literatura. También se realizó la grabación de un vídeo para apoyar la recogida de alimentos para un comedor social de Cañorroto, un barrio desfavorecido de la zona del sur de Madrid, durante la campaña de Navidad.

En el área de Inglés, los alumnos trabajaron el concepto de *illiteracy*, analfabetismo, y sus efectos a nivel global. Escribieron una carta de agradecimiento a una persona importante para ellos por haber facilitado su propia alfabetización. También grabaron un noticiario donde se trataba el tema investigado.

Las asignaturas de Matemáticas y Geografía trabajaron conjuntamente. Se analizaron datos estadísticos del Índice de Desarrollo Humano en diversos países. Además, desde Matemáticas se elaboraron gráficas que reflejaban la información obtenida en una encuesta sobre hábitos saludables propuesta en Biología.

El trabajo de Física y Tecnología también fue complementario. Los alumnos indagaron sobre la salubridad del agua y reflexionaron sobre la importancia de su potabilización. Grabaron vídeos con experimentos sobre los procesos de filtración y decantación. Crearon una potabilizadora casera y entregaron la documentación sobre su elaboración reflejada en una presentación PowerPoint, Keynote o Prezzi. En este proyecto técnico tuvieron que presentar la memoria, los planos, el presupuesto y la organización de dicha potabilizadora.

En el área de Biología, investigaron sobre los conceptos de malnutrición y desnutrición. Para ello, se consultaron los datos publicados por varias ONG y noticias sobre la relación de la crisis española y la malnutrición en la infancia y adolescencia. Se realizó un debate con la información obtenida de esta investigación inicial. Elaboraron dietas adecuadas a la infancia y la adolescencia. Analizaron los datos presentes en los envases de los alimentos (fecha de caducidad, consumo preferente, nutrientes…). Los grupos de trabajo cooperativo elaboraron una encuesta sobre hábitos saludables y pasaron la encuesta a 20 personas de diferentes edades. Los datos obtenidos se presentaron en un informe en PDF. Realizaron un mural para promover el consumo de productos de comercio justo , aprovechando la cercanía de las vacaciones de Navidad.

### La acción social

El objetivo o reto final era iniciar a los alumnos en distintas acciones que tuvieran impacto a nivel social y local. Para ello, se contó con la colaboración del departamento de Orientación, la Tutoría y todo el claustro de profesores participantes en el proyecto.

Se realizó una mesa redonda en la que participaron representantes de distintas ONG como Intermón Oxfam o Cáritas Madrid. De esta manera, los alumnos tuvieron la oportunidad de conocer de primera mano las distintas acciones sociales que se estaban realizando dentro y fuera de nuestro país. Animaron a nuestros alumnos a seguir involucrándose en proyectos solidarios.

Fueron los propios alumnos, dentro de sus grupos de trabajo, los que tuvieron que buscar la ONG para realizar su acción. Algunas de las acciones llevadas a cabo por los diferentes grupos fueron: la recogida de productos de primera infancia para una Casa Cuna gestionada por Cáritas; la creación de una página web para animar al voluntariado en el comedor social de Cáritas en Cañorroto; campaña de recogida de leche para las meriendas de niños de 50 familias desfavorecidas ayudadas por la asociación Sol y Dar y Darse; recogida solidaria de juguetes para la Red Acoge y su ONG Karibu, este grupo pudo participar el Día de Reyes en la entrega de juguetes; recogida de productos para la merienda de niños desfavorecidos que se hizo en la asociación de Pinardi.

### La evaluación de resultados

Se utilizaron distintos métodos de evaluación. Cada profesor se encargó de hacer un seguimiento y evaluación de los productos intermedios. Se promovió la comunicación directa entre profesor y alumno. También se realizó la correspondiente autoevaluación y coevaluación. Cada grupo llevó un diario de aprendizaje o cuaderno de bitácora a través de herramientas de Google Drive. Para la evaluación global, los alumnos realizaron un vídeo-resumen de 5 minutos explicando las actividades realizadas en cada asignatura y una exposición oral sobre la acción social llevada a cabo. Se convocó a los diferentes grupos frente a un tribunal formado por el claustro de profesores de 3.º ESO y la jefa de estudios de Secundaria. Para la evaluación de vídeos se utilizó una rúbrica que se había entregado previamente a los alumnos para poder elaborar su producto final.

## III. Dos ojos para 3D

Este proyecto multidisciplinar voluntario surgió como una idea para que los alumnos de 1.º de Bachillerato pudieran mejorar la media de su nota final en las asignaturas de ciencias: Biología y Geología; Física y Química.

Los grupos los formaban los propios alumnos y tenían que constar de cuatro miembros.

Las actividades propuestas que debían realizar los distintos grupos eran las siguientes:

### Física y Química

Los alumnos buscaron información sobre la distancia mínima para enfocar las imágenes. Trabajaron el visionado de imágenes de «Ojo mágico». Diseñaron experimentos para comprobar qué hemisferio cerebral es el dominante en la visión y entregaron un guion con los pasos a seguir en cada experimento. Investigaron sobre el fenómeno de polarización y las aplicaciones en la vida cotidiana de los polarizadores. Con la información obtenida crearon un tríptico explicativo con ejemplos reales de polarización. Elaboraron sus propias gafas 3D y crearon un guion para grabar un corto en 3D.

Los datos y conclusiones obtenidos se presentaron en un póster DIN-A2 y una presentación PowerPoint de entre 14 y 20 diapositivas.

### Biología y Geología

Los grupos participantes estudiaron la anatomía y funcionamiento del ojo humano. Investigaron sobre las principales enfermedades en el sentido de la vista y su tratamiento; la visión estereoscópica y la vista en

los distintos grupos de animales. Buscaron información de las agnosias visuales y su clasificación. Leyeron distintos artículos científicos sobre nuevos avances médicos en el tratamiento de lesiones cerebrales que afectan a la visión. Crearon su propia ilusión óptica mediante la elaboración de una maqueta.

Recogieron la información en un póster DIN-A2 y una presentación PowerPoint.

### La evaluación de resultados

Se hizo un continuo seguimiento de los productos intermedios que se tenían que entregar. La comunicación y el *feedback* entre profesor y alumno fueron muy importantes para la evaluación del proyecto. La coevaluación y autoevaluación se realizaron mediante formularios en Google Drive.

Los diferentes grupos presentaron sus trabajos mediante una exposición oral en el aula. La evaluación de los trabajos se realizó de manera consensuada con los profesores de las asignaturas implicadas.

El criterio de evaluación para subir la nota media de los alumnos participantes fue el siguiente: a partir de un seis en el proyecto se sumaba 0,2 a la nota final de la asignatura; siete sumaba 0,4 puntos; con un ocho la nota media subía un 0,6; el nueve añadía 0,8 puntos, y un diez implicaba la subida de un punto en la media final.

### Un proyecto, varias muestras

El proyecto «Dos ojos para 3D» se ha presentado a varios concursos:

- Investigadores del fututo MUNCYT (2012).
- Ciencia en Acción (2012).
- Con Ciencia en la Escuela (Círculo de Bellas Artes) (2012).
- Fin de Científico 2013.

## IV. Conclusiones

Durante los cursos que llevamos aplicando el Aprendizaje por Proyectos (ABP) hemos descubierto que las ventajas que nos aporta esta metodología permiten que nuestros alumnos desarrollen su autonomía y la responsabilidad de su propio aprendizaje, afianzando mejor los conocimientos y ejercitando destrezas sociales. Mediante la acción hacen suyos nuevos contenidos temáticos. Por tanto, el educando se convierte en constructor de su conocimiento. De esta manera se trabaja la competencia «aprender a aprender». El trabajo por proyectos desarrolla la creatividad y permite la adquisición de destrezas en el campo de la comunicación, en la búsqueda, selección y análisis de la información. Se fomenta el trabajo cooperativo, el uso de las TIC y la aplicación de las inteligencias múltiples en el aula. Por otra parte, el aprendizaje servicio ha conseguido que los alumnos sean sujetos activos en la sociedad, sensibilizándoles a realidades diferentes a las suyas y a problemas sociales reales. Con esta metodología se consigue fortalecer valores y aumentar la autoestima de los alumnos.

## V. Agradecimientos

Al equipo de profesores de Secundaria y Bachillerato del colegio Ramón y Cajal, que con su entusiasmo hacen realidad la aplicación de nuevas metodologías en el aula. Al personal no docente del centro que apoya y facilita este trabajo. Y, en especial, a nuestros alumnos que, día a día, nos sorprenden con su capacidad de aprendizaje y su implicación.

# Jugando con la tabla periódica

María de los Reyes Gallardo Gutiérrez
*Profesora de Ciencias del colegio Inmaculado Corazón de María (Portaceli), Avenida Eduardo Dato, n.º 20 - 41018 Sevilla*
reyesgallardo@yahoo.es

**Palabras claves:** Tabla periódica, enseñanza de la química, ludificación, recursos TIC, aprendizaje cooperativo.

**Keywords:** Periodic table, chemistry teaching, games resources, ICT, cooperative learning.

**Resumen**

Este trabajo es una propuesta didáctica para el estudio de la tabla periódica en Secundaria usando la ludificación o gamificación como estrategia fundamental, acercándose a esta de una forma amena que facilita y favorece su estudio.

Los alumnos participan activamente en su aprendizaje, ya que en parte del proceso ellos diseñan a partir de diversos recursos TIC, y trabajando en cooperativo una buena parte del material que les permitirá comprender, estudiar y repasar la tabla periódica.

**Abstract**

This work is a didactic offer for the study of the periodic table in secondary using the games as fundamental strategy, approaching this one of a pleasant form that facilitates and favors his study.

The pupils take part actively in his learning, since partly of the process they design from diverse ICT resources, and working in cooperative learning, part of the material that it will allow them to understand, to study and to revise to periodic table.

## Introducción

La tabla periódica lleva asociada a su estudio una serie de prejuicios por parte de los estudiantes, que difícilmente llegan a entender por qué deben aprenderla y saberla manejar.

Esta se introduce ya en Secundaria, en niveles iniciales de 2.º o 3.º de ESO, para posteriormente completar su estudio y un análisis más detallado en cursos posteriores.

Con esta propuesta didáctica, se pretende que los alumnos pierdan los prejuicios asociados al estudio de la tabla periódica, acercándosela de una forma amena mediante juegos.

El juego mediante tetris, pasapalabra, etc., y el uso activo por parte de los alumnos de diversos recursos TIC, les permite familiarizarse con la tabla periódica. Como resultado, identifican símbolos, elementos, grupos, periodos, estado de las sustancias, y aprenden por indagación conceptos como valencia o electronegatividad.

## 1. Objetivos

Los objetivos a cubrir mediante esta metodología son:

- Motivar el estudio de la tabla periódica.
- Conocer propiedades de los elementos.
- Fomentar el trabajo en grupo.
- Emplear técnicas de estudio específicas para el estudio de la tabla periódica.
- Manejar las TIC.

## 2. Metodología

En primer lugar se hizo una breve puesta en común de las ideas previas que el alumnado tenía acerca de la tabla periódica, tomándose nota de las ideas que tenían acerca de la misma. Las ideas más repetidas fueron:

- Es aburrida.
- Es inútil, no sirve para nada saberla.
- Es difícil de estudiar.
- La pregunta clave que surgió con temor fue si debían estudiarla al completo.

Se le dio a los alumnos una breve explicación de por qué hay que estudiar la tabla periódica. Para ello se recurrió a aprendizajes no cuestionados por ellos que han realizado durante su vida escolar y que emplean habitualmente en su vida cotidiana. Se les explicó que aprenden el abecedario, para después conocer las palabras, leer y comunicarse. Los números, para contar, y las operaciones matemáticas básicas para operar con ellas en el día a día. De igual forma, toda la naturaleza está formada por los elementos químicos de la tabla periódica, al igual que las palabras de letras, y entender estos y cómo se combinan, nos permite entender nuestro entorno: la composición y usos de los medicamentos, los alimentos, los cosméticos, los combustibles, la contaminación…

Tras esta breve introducción al alumnado, se pasó al uso de diferentes juegos, con la siguiente finalidad:

- Familiarización mediante la gamificación con la tabla periódica.
- Pérdida del miedo al estudio y dificultades que se puedan presentar.

Se describen a continuación los diversos juegos empleados:

2.1. Reglas mnemotécnicas.

2.2. Creación de frases.

2.3. Bingo.

2.4. Tetris.

2.5. Pasapalabra.

2.6. Kahoot.

## 2.1. REGLAS MNEMOTÉCNICAS

Las reglas mnemotécnicas se emplearon para aprender los símbolos de los elementos de los diferentes grupos de la tabla periódica. Dado que se trata de la primera introducción al estudio de la tabla periódica, se elaboraron solo las relacionadas con los grupos 1, 2 , 13, 14, 15, 16, 17 y 18.

Algunas fueron suministradas por el profesorado, extraídas de internet, y otras elaboradas por el alumnado. Como, por ejemplo: Grupo 16 OSSeTe Po.

## 2.2. CREACIÓN DE FRASES

Para familiarizarse con los distintos símbolos, el alumnado fue creando palabras y frases en las que usaban los diferentes símbolos de la tabla periódica para su construcción. Como se puede observar en las imágenes.




*Imagen 1.* Creación de frases.

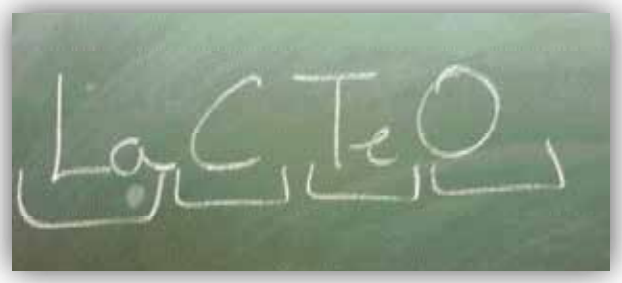



*Imagen 2.* Creación de palabras y frases.

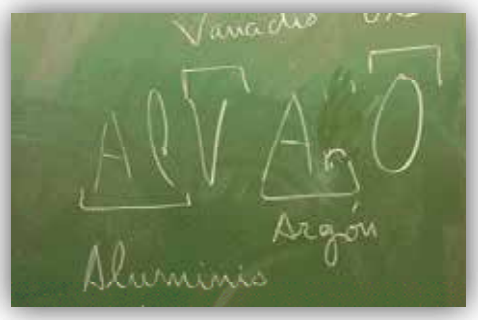



*Imagen 3.* Creación de palabras.

Tras crear las palabras, debían, en su cuaderno, indicar los datos de los elementos químicos empleados: número atómico, nombre, grupo, periodo, metal, no metal y estado.

El alumnado recibe una calificación, que depende del número de elementos usados y de la longitud de las frases creadas.

## 2.3. BINGO[1]

La idea surge de otros autores, añadiéndole alguna modificación. Se realiza con una tabla periódica en blanco, en ella los alumnos escriben a bolígrafo 15 símbolos de los elementos que vamos a estudiar en sus correspondientes lugares. Pueden crear tantas tablas periódicas como quieran hacer.

Se crean bolas de porexpán con los símbolos de los elementos químicos, y alumnos voluntarios salen a sacar las bolas e ir cantando los diferentes elementos.

Los alumnos que cantan los símbolos, así como los que cantan bingo, reciben una calificación positiva, también aquellos que presenten más de una tabla periódica. Se comprobó en todo momento que no había errores en las tablas, ni en el bingo ni en las bolas extraídas.

El alumnado fue creando cada vez más tablas para aumentar su probabilidad de cantar bingo, y obtener calificación por aumentar el número de estas que tenía.

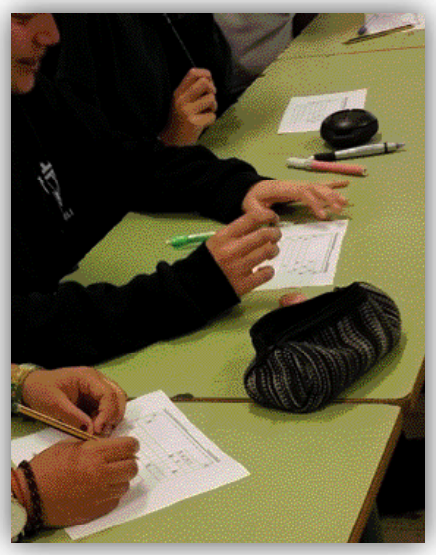


*Imagen 4.* Jugando al bingo.



*Imagen 5.* Extrayendo las bolas del bingo.



*Imagen 6.* Cantando bingo.

[1] BARAZARTE, R. C. y JEREZ E. P. (2010) *Aplicación del juego bingo periódico. Estrategia para la enseñanza-aprendizaje de la tabla periódica en el tercer año de bachillerato*. Universidad de los Andes, Trujillo, Venezuela.

### 2.4. TETRIS

El alumnado recibe una tabla periódica recortada en forma de piezas, que deben encajar hasta formar la tabla periódica trabajando a veces individualmente, a veces en grupo.

La tabla periódica podía estar en color o en blanco y negro, para evitar en este último caso que el código de colores determinase las posiciones, y no fuese el conocimiento de la tabla periódica el que los hiciese colocar las piezas correctamente.

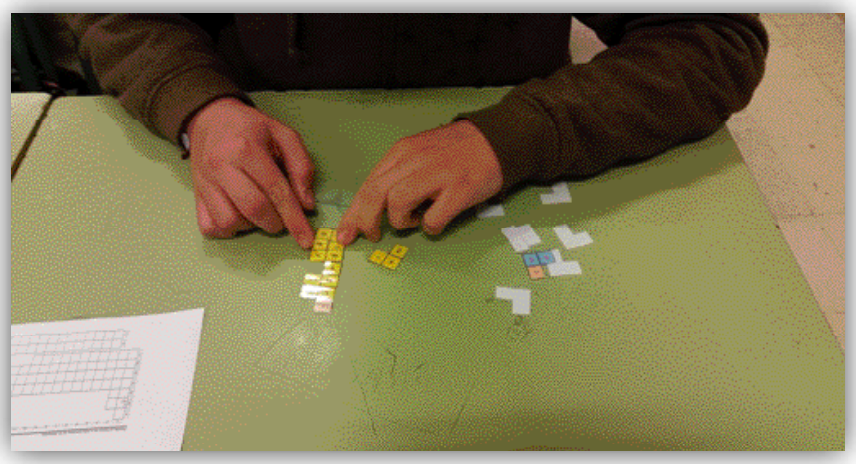


*Imagen 7.* Jugando al tetris de la tabla periódica.

### 2.5. PASAPALABRA

Para el desarrollo de los siguientes juegos, se recurrió al trabajo cooperativo[2]. Se dividió la clase en distintos grupos.

Cada grupo estudiaba las características de los grupos 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17, y aquel grupo que quería también las características del grupo 18 y de elementos como el hierro, el cinc o el cobalto.

Recurrieron al uso de internet para consultar las propiedades y usos de los elementos, distribuyéndose el trabajo en el grupo de la siguiente forma:

- Experto en curiosidades.
- Experto en el concepto propiedades comunes del grupo.
- Diseño del material de exposición.
- Secretario.

Como resultado de la investigación, realizada en grupo, debía realizarse una presentación que se exponía al resto de los compañeros. Esta podía ser una presentación en PowerPoint, un vídeo o cualquier otra forma de presentación.

La presentación se evaluó mediante una rúbrica, en la que se tuvo en cuenta la claridad de la exposición, precisión del lenguaje, originalidad de la presentación, resolución de dudas a los compañeros…

Tras esta, cada grupo elaboró un pasapalabra interactivo, usando la herramienta web del sitio: http://www.educa.jcyl.es/crol/es/recursos-educativos/rosco-pasapalabra al que jugaron, respondiendo en grupo.

[2] JOHNSON, D.W.; JOHNSON, R.T. y HOLUBEC, E. J. (1994). *El aprendizaje cooperativo en el aula.*




*Imagen 8.* Pasapalabra, captura de pantalla: http://www.educa.jcyl.es/crol/es/recursos-educativos/rosco-pasapalabra

### 2.6. KAHOOT

Por último se recurrió a la herramienta TIC Kahoot, en la que se creó un cuestionario con preguntas obtenidas del resultado de la investigación del alumnado durante el trabajo cooperativo. Se repasaron así los contenidos trabajados.

https://kahoot.it/#/




*Imagen 9.* Herramienta TIC Kahoot.

## 3. DIFICULTADES

Al principio los alumnos no entienden que les sirva para aprender, entienden que solo juegan, y algunos se muestran reticentes al uso de esta metodología.

Como docente, surge el temor de no terminar el temario cuando hacemos este tipo de actividades.

## 4. CONCLUSIONES

Los alumnos valoran la actividad como positiva y divertida, aunque alguno siempre se queda atrás. El trabajo en grupo es fundamental para que todos trabajen y se involucren en el estudio. El uso de grupos cooperativos nos asegura que intervienen todos los alumnos.

Al realizar el trabajo de investigación, aprenden curiosidades que les permiten entender la utilidad del estudio de la tabla periódica.

El uso de los juegos, hace que adquieran familiaridad con la tabla y sepan manejarla con facilidad, esta se les vuelve más accesible.

Durante todo el proceso, se evalúa y califica parte de los contenidos propios de 3.º de ESO.

A nivel académico, mejoran los resultados en identificación de nombres, símbolos y propiedades de la tabla periódica. Al no tener conciencia, el alumnado de estar siendo «examinado», se sienten más cómodos y relajados y los resultados que se obtienen son mejores que empleando un método más tradicional, como sería enumerar en una prueba escrita los elementos de la tabla periódica.

# La contaminación por partículas en las ciudades

Andrés García Ruiz

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

agarciruiz@hotmail.com

**Palabras clave:** Contaminación atmosférica, partículas, ciudades, relaciones CTSA.

**Keywords:** Air pollution, particles, cities, CTSA relationships.

**Resumen**

El aumento del tráfico en las ciudades hace que la contaminación atmosférica se haya convertido en uno de los principales problemas ambientales, provocando un incremento de partículas en suspensión en la atmósfera que daña la salud más de lo que se pensaba.

El objetivo del trabajo ha consistido en abordar el estudio de la contaminación por partículas en varias ciudades, utilizando las páginas web correspondientes, así como con el análisis de noticias y documentos que trataban de este tema.

Hemos comparado los resultados obtenidos en varias ciudades españolas, seleccionando Madrid para realizar un estudio más detallado debido a la información referida anteriormente y, sobre todo, por los problemas de contaminación que ha sufrido últimamente.

**Abstract**

Increased traffic in cities causes air pollution has become one of the major environmental problems, leading to an increase of suspended particles in the atmosphere, which damages health, more than previously thought.

The objective of this work has been to approach the study of particle pollution in several cities, using the corresponding web pages, as well as news and analysis papers dealing with this topic.

We compared the results obtained in several Spanish cities, Madrid selecting for further study because of the information referred to above and especially by pollution problems that has suffered lately.

## Introducción

El actual desarrollo científico y tecnológico, y su repercusión en el progreso de la humanidad, plantea la necesidad de establecer un nuevo compromiso entre la ciencia, la tecnología, la sociedad (relaciones

CTS) (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003[1]; Acevedo, 2004[2]). Este compromiso debe estar orientado a que las personas adquieran una formación científica de base, que les permita comprender y participar, con responsabilidad, en la búsqueda de soluciones a los problemas del mundo (Buch, 2003[3]; Edwards *et al*, 2004[4]). Esto es, se ha de promover una alfabetización científica de la ciudadanía, que ponga de relieve la contribución de la ciencia al desarrollo de la sociedad y, a su vez, muestre especial atención a los problemas éticos relacionados con su avance (Cabral, 2001[5]; García Carmona, 2003[6], 2004[7]).

Tampoco debemos olvidarnos de la relación de esta temática con el medio ambiente, importante en la nueva tendencia de añadir el ambiente al enfoque CTS (García *et al*, 2005[8]).

## CONTAMINACIÓN POR PARTÍCULAS EN LA ATMÓSFERA

Para hablar de la contaminación por partículas en el aire es necesario concretar en inicio lo que es el aire. Según la Real Academia Española (RAE) el aire es un gas que constituye la atmósfera terrestre, formado principalmente de oxígeno y nitrógeno, y otros componentes como el dióxido de carbono y el vapor de agua.

También es denominado como una capa gaseosa que envuelve a la Tierra.

El aire resulta esencial para la vida, por ello es importante conocer de que está compuesto. Los componentes principales del aire son nitrógeno (78 %), oxígeno (20,4 %), argón (0,9 %), dióxido de carbono (0,04 %).

El concepto de aire suele causar confusión entre los alumnos, por eso es fundamental que quede muy claro qué es y de qué se compone el aire para poder explicar posteriormente la contaminación que se produce en él.

La contaminación por partículas o partículas en suspensión se define como «la alteración de la composición natural de la atmósfera como consecuencia de la entrada en suspensión de partículas, ya sea por causas naturales o por la acción del hombre».

La contaminación causada por material particulado atmosférico, afecta seriamente la salud humana, el clima y los ecosistemas debido a que, al encontrarse en la atmósfera que respiramos y en el ambiente en

---

[1] ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). Disponible en línea en: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero2/Art1.pdf

[2] ACEVEDO, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las Ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *1* (1), pp. 3-16.

[3] BUCH, T. (2003). CTS desde la perspectiva de la educación tecnológica. *Revista Ibero-Americana de Educação, 32*, pp. 147-163.

[4] EDWARDS, M. *et al.* (2004). La atención a la situación del mundo en la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias, 22* (1), pp. 47-64.

[5] CABRAL, I. (2001). Alfabetismo científico y educación. *Contexto Educativo, 18*. Disponible en línea en: http://www.contexto-educativo.com.ar/2001/4/nota-01.htm

[6] GARCÍA CARMONA, A. (2003). Integración de las relaciones CTS en la educación científica. *Perspectiva Cep* (Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía), 6, pp. 109-121.

[7] GARCÍA CARMONA, A. (2004). Una propuesta con enfoque Ciencia/Tecnología/Sociedad (CTS) para el estudio del Ruido en la Enseñanza Secundaria. *Journal of ScienceEducation, 5* (1), pp. 13-15.

[8] GARCÍA, A.; CASTRO, M. D. y GÓMEZ, R. (2005). Modelo de enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la didáctica de la física y química en la enseñanza secundaria: contaminación atmosférica. *Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos*, pp.337-341.

el que nos movemos día a día, es muy sencillo que pase a nuestro organismo afectándonos de la misma manera que afecta al medio ambiente.

Estas partículas contaminantes se clasifican según su medida y cómo se comportan al ser respiradas:

Hay partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a 10 µm (PM10) que suelen llegar más allá de la garganta. Las que tienen un diámetro igual o inferior a 2,5 µm (PM2,5) pueden llegar hasta los pulmones. Finalmente, las partículas ultrafinas, con un diámetro igual o inferior a 0,1 µm, que pueden pasar de los alveolos pulmonares a la sangre.

En las zonas urbanas (como, por ejemplo, nuestra ciudad, Madrid), la fuente principal de contaminación por partículas es el tráfico, pero también hay partículas de origen natural como los aerosoles marinos, la erosión, la intrusión de polvo africano…, y por otro tipo de actividades humanas, como, por ejemplo, las obras públicas o la minería.

La suspensión y resuspensión de las partículas en el aire que respiramos es más marcada en episodios de sequía y es por esto por lo que se detectan niveles más elevados de partículas en años con pocos días de lluvia.

Este tipo de partículas están reguladas de la siguiente manera:

El Real Decreto 102/201,1 relativo a la mejora de la calidad del aire y que traspone una directiva europea, establece los valores límite y objetivo de protección de la salud para las partículas PM10 y PM2,5.

PM10

*Valores límite vigentes a partir de 2005:*

- Valor límite diario (VLd): 50 µg/m$^3$.
- Superación del valor límite diario: no se podrá superar más de 35 ocasiones por año [percentil 90,4 igual o inferior a 50 µg/m$^3$].
- Valor límite media anual (VLa): 40 µg/m$^3$.

PM2,5

*Valor objetivo vigente a partir de 2010:*

- Valor objetivo anual: 25 µg/m$^3$.

*Valor límite vigente a partir de 2015:*

- Valor límite media anual (VLa): 25 µg/m$^3$.
- Margen de tolerancia del valor límite anual (MdTa): 1 µg/m$^3$ el 2013 y 2014.

*Valor límite vigente a partir de 2020:*

- Valor límite media anual (VLa): 20 µg/m$^3$.

Las partículas en suspensión contaminantes se clasifican según su medida como ya he comentado anteriormente:

- Partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a 10 µm (PM10).
- Partículas de diámetro igual o inferior a 2,5 µm (PM2,5).
- Partículas de diámetro igual o inferior a 0,1 µm.

Es importante dejar claro al alumnado que algunos de los componentes de la atmósfera son contaminantes pero que se encuentran en ella de forma natural, haciendo especial hincapié en que son contaminantes cuando exceden su porcentaje normal de composición. Con respecto al estudio de la contaminación en el aire, es preciso conocer que hay dos tipos de escalas: espacial y temporal, siendo ambas útiles

para realizar estudios importantes y medir contaminantes en la atmósfera, además de otros muchos usos. La escala espacial puede ser pequeña escala, escala local, escala regional y gran escala. Por otro lado, la escala temporal puede durar meses, semanas (gran escala), días, horas, minutos.

La contaminación del aire se puede producir de dos maneras: natural o artificialmente.

Para poder estudiar esto debemos agrupar los gases que contaminan en grupos para que sea más fácil la comprensión de los mismos.

En un grupo se encuentran los óxidos de carbono, en dicho grupo están el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono ($CO_2$). Este último en circunstancias concretas contribuye a que se produzca la contaminación, ya que es un gas que atrapa muy bien el calor, produciendo el «efecto invernadero», además, debido a la quema de combustibles fósiles y a los incendios de grandes bosques, la cantidad de dióxido está aumentando considerablemente.

El monóxido de carbono es considerado un contaminante primario y se produce principalmente por la quema de gasolina y gasoil.

En el siguiente grupo se encuentran los óxidos de azufre. El dióxido de azufre, que pertenece a este grupo es un contaminante primario. Más de la mitad de la cantidad que llega a la atmósfera es producida por la actividad humana, siendo el contaminante que más se produce después del CO. Dentro de este grupo se encuentra el trióxido de azufre, contaminante secundario que se produce cuando el dióxido de azufre reacciona con el oxígeno de la atmósfera.

También reacciona con el agua convirtiéndola en ácido sulfúrico, lo que contribuye a la lluvia ácida.

El óxido nítrico (NO), el dióxido de nitrógeno ($NO_2$) y el óxido nitroso ($N_2O$) pertenecen a los óxidos de nitrógeno. Los dos primeros son contaminantes primarios y muy importantes en el problema de la contaminación. El dióxido de nitrógeno predomina en la atmosfera frente al óxido nítrico pese a que este es emitido en una mayor cantidad.

El transporte es aquí el protagonista de emitir estos gases. Sin embargo, el óxido nítrico es emitido de forma natural debido a los procesos microbiológicos en el suelo y en los océanos, aunque también se debe a las actividades agrícolas y ganaderas, al menos en un 10 %.

Dentro del grupo de los compuestos orgánicos volátiles habría que destacar el metano ($CH_4$), ya que es un contaminante primario. Este se forma de manera natural en reacciones anaeróbicas del metabolismo, también se produce debido a que es un componente básico del gas natural, así como las acciones humanas que lo producen.

Es importante destacar la importancia de los hidrocarburos presentes en la atmósfera de forma natural y los debidos a las acciones humanas, en especial al uso del transporte por carretera, uso de petróleo, entre otros.

También forman parte de la contaminación los aerosoles y las partículas. Aerosol se denomina a los materiales muy pequeños, sólidos y líquidos y las partículas se suelen designar a los sólidos que forman parte del aerosol.

Existen dos tipos de aerosoles: los primarios, procedentes de los volcanes, de los incendios forestales, del polvo del suelo, de origen biológico como las bacterias, los hongos y polen y los procedentes de las actividades humanas; los aerosoles secundarios, que se forman en la atmósfera debido a diferentes reacciones entre gases y también producidos por la actividad humana.

Después de esta breve clasificación de los contaminantes que deterioran la calidad de la atmósfera se hará una breve clasificación según si su contaminación en el planeta es de manera natural o artificial.

La contaminación de forma natural se puede deber a las erupciones volcánicas, corrientes de vientos e incendios forestales. Las erupciones volcánicas expulsan gases tales como hidrógeno, dióxido de carbono,

metano y azufre, cloro y flúor contenidos en diversos gases. Las tormentas movilizan grandes cantidades de polvo en suspensión, así como en primavera hay transporte de polen y otras sustancias.

## Actividades para estudiar la contaminación por partículas en las ciudades

### Enfoque CTSA de la contaminación en ciudades europeas

Partimos del artículo titulado: «El 95% de los europeos en ciudades respira partículas muy nocivas», publicado en el diario *El País* el 24-IX-2012: http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/09/24/actualidad/1348514270_964033.html

Comenzamos leyendo la noticia y realizando una puesta en común sobre la contaminación atmosférica en general y luego nos centramos en las partículas.

*Tratamiento ambiental del tema*: a través de la red, los alumnos buscaron información acerca de un tipo de contaminación específico, realizando una clasificación de la información recogida y luego realizaron carteles publicitarios del tipo de contaminación estudiado, con el fin de motivar al resto del alumnado para evitar en su medida la citada contaminación.

Se prestó especial interés en la búsqueda de imágenes que impacten y llamen la atención, siendo estas claros ejemplos de la contaminación o, en su lugar, de los efectos de la misma.

*Tratamiento económico y social del tema*: este tema tiene una gran repercusión en la sociedad actual, poco a poco los ciudadanos están más concienciados de los efectos graves y contraproducentes que la contaminación tiene sobre las personas y los ecosistemas en general.

Para trabajar estos aspectos, se propusieron cuestiones acerca de los daños que la misma tiene sobre la población y su calidad de vida y que, en consecuencia, disminuya los efectos económicos que dicha contaminación produce.

### Contaminación por partículas en las ciudades

Esta actividad consistió en estudiar el artículo: «La contaminación por partículas: mortal polución atmosférica en las ciudades». de Ramón Varela Díaz, publicado en 2014: http://www.medelu.org/spip.php?page=imprimir_articulo&id_article=2031

Se trata de un informe sobre la contaminación por partículas en varios países y ciudades, en el que se recogen las diferentes directrices internacionales y nacionales sobre el tema y se pueden ver los valores de concentración media de partículas PM10 en microgramos/$m^3$ en algunos países de la OCDE.

### Estudio de la contaminación por partículas en Madrid y Barcelona

Partimos de la noticia: «Madrid y Barcelona están entre las peores de Europa en la lucha contra la contaminación», publicada en *eldiario.es*: http://www.eldiario.es/sociedad/Madrid-Barcelona-peores-Europa contaminacion_0_372013143.html

Estas dos ciudades españolas, según la noticia, salían mal paradas en el *ranking* Sootfree, según la información de la Oficina Europea de Medio Ambiente.

Realizamos una lectura detallada del artículo y luego los alumnos buscaron información sobre las medidas tomadas en estas ciudades para disminuir el nivel de contaminación. Entre las medidas podemos citar que en Madrid en diciembre de 2015 se advirtió de que la entrada de una masa de aire africano podría incrementar la concentración de partículas en suspensión y se recomendaba a la población

utilizar los transportes públicos. En Barcelona, por su parte, en algunas estaciones se habían superado los valores máximos de PM10 y entre las medidas estaba el cierre temporal de algunas industrias y otras actividades.

### ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN EN LA CIUDAD DE TOKIO

Para realizar el estudio buscamos información en varias webs, como, por ejemplo: http://aqicn.org

Tokio es una ciudad con una contaminación moderada. Encontramos contaminantes como el ozono ($O_3$) con una cantidad de 12 μg/$m^3$, el dióxido de nitrógeno ($NO_3$) con una cantidad de 18 μg/$m^3$, el dióxido de azufre ($SO_2$) con una cantidad de 2μg/$m^3$ y el monóxido de carbono (CO) con una cantidad de 3 μg/$m^3$. En cuanto a los tipos de partículas en el aire, las partículas finas ($PM_{2.5}$) se encuentran en una cantidad de 82 μg/$m^3$ y las partículas respirables ($PM_{10}$) en 33 μg/$m^3$. Observamos también altas concentraciones de materia particulada (PM) y concentraciones normales de compuestos orgánicos volátiles (VOCs, volatile organic compounds) y de hidrocarburos.

La contaminación medioambiental en Japón ha sido un fenómeno que ha acompañado al proceso de industrialización desde el periodo Meiji (1868-1912). En los años 60, en zonas de todo Japón se encontraron enfermedades causadas por la contaminación del agua y el aire provocada por vertidos de fábricas. Las estrictas medidas de protección medioambiental que se impusieron posteriormente han reducido la contaminación causada por tales emisiones. Sin embargo, todavía quedan importantes problemas por resolver, y se necesita tomar medidas para, por ejemplo, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de materia particulada, e incrementar el reciclaje de residuos domésticos e industriales.

### ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN POR PARTÍCULAS EN MADRID

Los contaminantes atmosféricos que se miden según la legislación vigente son dióxido de azufre, partículas en suspensión, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, benceno, ozono, plomo, arsénico, cadmio, níquel e hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Para el seguimiento de los niveles de contaminantes presentes en la atmósfera, o niveles de inmisión, la Comunidad de Madrid cuenta con una Red de Control de la Calidad del Aire, que tiene como finalidad principal la de registrar dichos niveles de concentración de los principales contaminantes atmosféricos, de forma que se puedan definir los niveles de calidad del aire y recomendar, en su caso, actuaciones y políticas acordes con las situaciones de contaminación planteadas.

Actualmente hay 24 estaciones automáticas para la vigilancia de la calidad del aire, dotadas de los analizadores necesarios para una correcta evaluación de la concentración de gases y partículas en suspensión.

La Comunidad de Madrid viene elaborando desde el año 2003 el *Inventario de emisiones a la atmósfera de la Comunidad de Madrid*, a través del cual anualmente evalúa las emisiones de las distintas fuentes contaminantes ubicadas en el territorio de la Comunidad de Madrid, así como la absorción de $CO_2$ por parte de los sumideros naturales. Su objetivo fundamental es el conocimiento detallado de los aportes de un amplio abanico de sustancias a la atmósfera, información necesaria para la definición y seguimiento de las medidas para el control de las emisiones, la mejora de la calidad del aire y la lucha contra el cambio climático establecidas en el Plan azul +.

La primera actividad consistió en realizar un estudio de la contaminación en diferentes zonas y localidades de Madrid, utilizando la web: http://gestiona.madrid.org/azul_internet/html/web/2.htm?ESTADO_MENU=2

Esta web nos permite acceder a los datos de contaminación de forma *on-line* y están actualizados, realizando posteriormente estudios de las causas por zonas.

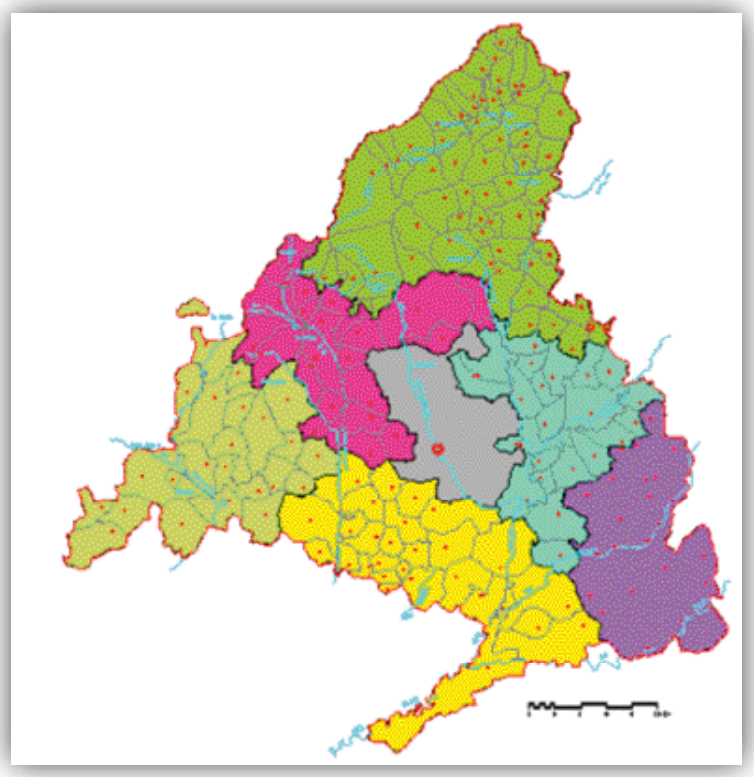


*Figura 1.* Datos *on-line* de la red de la Comunidad de Madrid.

La segunda actividad consistió en realizar un estudio de la calidad del aire en la Comunidad de Madrid, utilizando la web de calidad del aire: http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM_InfPractica_FA&cid=1109168009902&language=es&pagename=ComunidadMadrid%2FEstructura

La tercera actividad estuvo dedicada al estudio de la calidad del aire en la ciudad de Madrid, mediante la web: http://www.mambiente.munimadrid.es/opencms/opencms/calaire/ContaAtmosferica/portadilla.html

## Conclusiones

La actividad nos ha parecido muy positiva, hemos observado cómo el alumnado se ha sentido más interesado y participativo.

El aprendizaje con esta actividad se ha desarrollado a través de la investigación escolar en torno a la contaminación por partículas, acercando la temática de estudio a su entorno más próximo.

Finalmente consideramos que este tipo de experiencias fomentan el interés de los alumnos y repercuten positivamente en su formación científica.

# Trabajo cooperativo en el aula de ciencias, adquisición de competencias para toda la vida

María José Gato Bermúdez

*María José Gato. Departamento de Ciencias. Colegio CEU San Pablo Montepríncipe. Avda. Montepríncipe, s/n. Boadilla de Monte - 28668 Madrid*
mariajose.gatobermudez@ceu.es

**Palabras clave:** Competencias principales, trabajo cooperativo, inteligencia emocional, competencia de iniciativa y espíritu emprendedor y rendimiento.

**Keywords:** Core competencies, cooperative learning, emotional intelligence, academic achievement.

**Resumen**

La nueva Ley de Educación (2015) promueve la adquisición de competencias por parte del alumnado. Este nuevo enfoque consiste en proveer a los alumnos de situaciones problema, con actividades contextualizadas, y la utilización de metodologías activas que faciliten el desarrollo de las competencias básicas, al mismo tiempo que el alumno se sitúa como centro del aprendizaje. El primer objetivo de este estudio es analizar la relación entre la Inteligencia Emocional (IE) y la Competencia de Iniciativa y Espíritu Emprendedor (CIEE). Además, se analizó el trabajo cooperativo como metodología para desarrollar los descriptores de la IE y CIEE, además de algunos de los descriptores de la Competencia Científica. 99 alumnos estudiantes de la asignatura de Física y Química de 4.º de la ESO participaron en el estudio (41 grupo control y 58 grupo experimental). El grupo experimental mostró una mejora en la IE total y en varias dimensiones de la CIEE: autonomía personal, innovación y habilidades empresariales. El aprendizaje cooperativo ha mostrado ser una metodología adecuada para el aprendizaje de competencias en el ámbito de Ciencias.

**Abstract**

The new Education Law (2015) promotes the acquisition of competencies in students. This new approach consists of providing students of problem solving scenarios, with contextualized activities, and using active methodologies that facilitate the development of core competencies, while learning is focused on students' needs. The objective of this study is to analyze the relationship between Emotional Intelligence and Initiative and Entrepreneurship. Competence. Thus, it is analyzed an education program based on cooperative learning focused on developing Emotional Intelligence, Initiative and Entrepreneurship Competence and some scientific competence. 99 people attending the subject Physics and Chemistry of 4th of ESO participated in this study (41 in the control group and 58 in the experimental one). The experimental group showed a significant improvement in the total Emotional Intelligence, as well as in

several Initiative and Entrepreneurship. Competences: personal autonomy, innovation and business skills. Cooperative learning has proven to be an appropriate methodology for learning skills in the field of Science.

## Introducción

El fomento del espíritu emprendedor se está convirtiendo en una de las líneas estratégicas de la Unión Europea, hecho que se manifiesta en las políticas y directivas de educación, de empleo, de innovación y competitividad. Además, muchas de las habilidades de Inteligencia Emocional y las competencias se pueden desarrollar en el aula con metodologías activas que pongan al alumno como centro del aprendizaje, una de ellas es el aprendizaje cooperativo formal (Johnson, Johnson & Holubec, 1999). En esta investigación se ha analizado la Inteligencia Emocional como un conjunto de habilidades necesarias para el aprendizaje del alumno y para la adquisición de competencias principales con las que pueda desarrollar una vida plena. La Competencia de Iniciativa y Espíritu Emprendedor comprende un conjunto de descriptores e indicadores que describe el perfil del ciudadano que demanda la sociedad; activo, con habilidades sociales para trabajar en grupo, con autoestima, capacidad de liderazgo y sin miedo al fracaso. Con las dinámicas del trabajo cooperativo en el aula de Ciencias se han mejorado muchas de estas habilidades, ya que adquieren lo más importante: la responsabilidad individual que se desarrolla en el aprendizaje cooperativo formal, para después poder adquirir la responsabilidad grupal y poder adquirir la competencia científica.

## Método

El objetivo de este estudio fue explorar la relación entre la competencia Inteligencia Emocional (IE) y la Competencia de Iniciativa y Espíritu Emprendedor (CIEE) y valorar la utilización de metodología cooperativa y de proyectos para ayudar a desarrollar estas habilidades, así como incrementar el rendimiento en el currículo de ciencias experimentales en Educación Secundaria Obligatoria. Para alcanzar este objetivo se llevó a cabo un proyecto de intervención basado en competencias dentro de programa curricular de Ciencias.

### Participantes

La muestra participante constó de 99 alumnos, estudiantes de la asignatura de Física y Química de 4.º de la ESO, del colegio CEU San Pablo Montepríncipe (Madrid).

La muestra fue obtenida de cuatro clases diferentes, de las cuales dos (4.º ESO-A y 4.º ESO-B) fueron asignadas al grupo experimental (41 alumnos) y las otras dos (4.º ESO-C y 4.º ESO-D) al grupo control (58 alumnos). La edad media de los participantes fue 15,4 años (DT=0,35) y el número de hombres y mujeres de cada grupo se muestran en la *tabla 1*.

| | Mujeres (%) | Hombres (%) |
|---|---|---|
| *Grupo experimental (Clase A)* | 13 (72,2) | 5 (27,8) |
| *Grupo experimental (Clase B)* | 16 (69,6) | 7 (30,4) |
| *Grupo de control (Clase C)* | 12 (41,4) | 17 (58,6) |
| *Grupo de control (Clase D)* | 12 (41,4) | 17 (58,6) |
| **Total** | **53 (53,5)** | **46 (46,5)** |

*Tabla 1.* Participantes de la muestra (elaboración propia).

### Variables e instrumentos

Las variables fueron evaluadas antes de la intervención y una semana después de finalizar la intervención.

- Inteligencia emocional. Evaluada con la versión reducida del test de autoinforme TEIQue.sf (Petrides, K.V., Furnham, A., 2000)[1].
- CIEE. Se evaluaó con el cuestionario de empleabilidad (Souto, 2013)[2].
- Rendimiento. La calificación antes y después de la intervención docente.

### Procedimiento

Antes de comenzar la evaluación a los participantes, se pidió permiso a la dirección del colegio CEU San Pablo Montepríncipe para realizar este estudio. Una vez obtenidos los permisos, se contactó con los alumnos de 4.º de la ESO del colegio y se les informó sobre el estudio que se estaba planteando. Se les comunicó que se procedería a la evaluación de cuatro habilidades pertenecientes a su Inteligencia Emocional, así como la Competencia de Iniciativa y Espíritu Emprendedor. Los alumnos se mostraron con actitud positiva y colaborativa y no hubo ninguno que se negara a participar en la investigación. No se informó a los mismos de cuáles serían los grupos que pertenecerían al control y cuáles al experimental. La intervención se llevó a cabo desde octubre hasta diciembre de 2015.

### Intervención

Se dividió a los 99 alumnos participantes en dos grupos: 41 formaron parte del grupo experimental, al que se les aplicó la intervención en competencias, y 58 alumnos se incluyeron en el grupo de control, a los que se les explicó la unidad de disoluciones siguiendo el método de enseñanza de clase magistral, durando las clases exactamente el mismo tiempo tanto en el grupo control como en el experimental. (ver *figura 1*).

Durante las sesiones de trabajo colaborativo se trabajaron los siguientes conceptos de química que corresponden con la unidad didáctica de disoluciones: 1) Mezcla heterogénea, homogénea y disoluciones, métodos físicos para discriminarlas, 2) Realización de una disolución en el laboratorio, teniendo en cuenta la concentración final, 3) Realización de memoria de laboratorio y 4) Exposición de resultados.

Se clasificaron cada uno de los alumnos bajo los criterios de habilidades y conocimientos académicos en «muy buenos», «buenos-regulares» y «con dificultades», de manera que en cada clase el 25% era «muy bueno», el 50% «buenos-regulares» y el otro 25% «con dificultades». Una vez realizada esta selección interna, se dividió a la clase en grupos de cuatro personas, los cuales debían tener un alumno «muy bueno», dos alumnos «buenos-regulares» y un cuarto alumno «con dificultades». También se trató de que los grupos fueran heterogéneos en función del sexo y el rendimiento académico. Como resultado, se realizaron 10 grupos de trabajo de cuatro integrantes cada uno, excepto uno de ellos que estaba formado por cinco miembros.

La metodología de trabajo cooperativo se trabajó en seis sesiones de 50 minutos cada una, distribuidas en dos sesiones por semana. Durante las sesiones se trabajó una unidad didáctica de química, disoluciones, elegida por la facilidad que presenta para el trabajo en grupo, tanto en el aula ordinaria como en el laboratorio. A cada miembro del grupo se le destinó un rol diferente como se puede ver en la *tabla 2*.

---

[1] Petrides, K.V. y Furnham, A. (2000). Gender differences in measured and selfestimated trait emotional intelligence. *Sex Roles*, 448-461.

[2] Souto, M. (2013). *Desarrollo de las competencias emocionales en la educación superior.* Tesis doctoral publicada, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

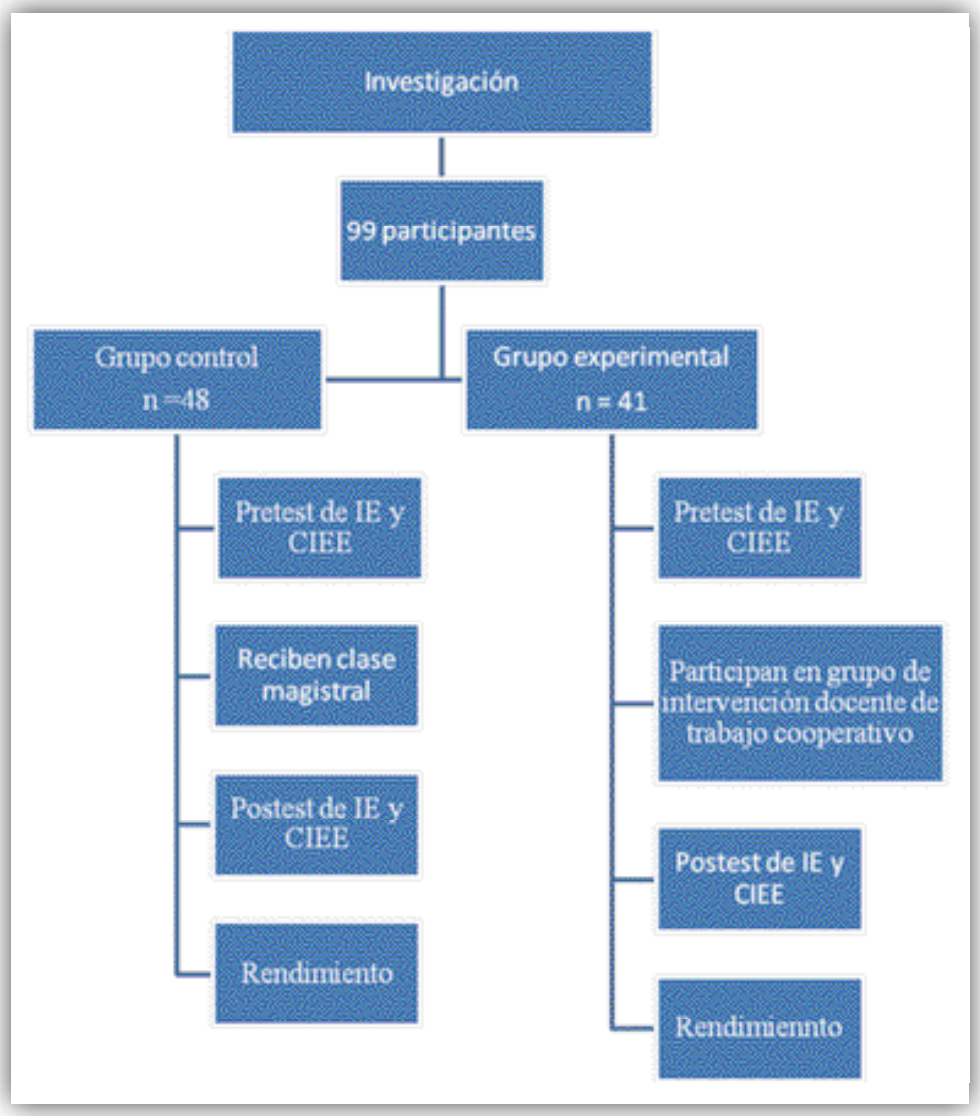



*Figura 1*. Esquema de la investigación (elaboración propia).

| Cargo | Tarea |
|---|---|
| *Coordinador/a* | Anima a los integrantes a realizar el trabajo, además expone en el aula. |
| *Ayudante de coordinador/a* | Controla el tono de voz para que los alumnos hablen bajito y que no se pierda el tiempo. |
| *Secretario/a* | Toma notas y rellena el control del grupo. |
| *Responsable del material* | Cuida el material. |

*Tabla 2.* Roles de los miembros del equipo (elaboración propia).

Para comenzar a trabajar se movieron las mesas «cara a cara» para favorecer la comunicación entre los miembros del grupo (Johnson, D. W., Johnson, R., Stanne, M. B. y Garibaldi, A., 1990)[3]. Cada sesión de trabajo cooperativo se dividía de la siguiente forma:

[3] JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R.; STANNE, M. B. y GARIBALDI, A. (1990). Impact of group processing on achievement in cooperative groups. *Journal of Social Psicology*, 507-516.

Al principio de la sesión se dividió a cada uno de los grupos de trabajo en dos subgrupos: 1) el «alumno bueno» trabajaba con el alumno «con dificultades» y 2) los dos alumnos «buenos-regulares» trabajaban juntos. Cada uno de los subgrupos realizaba una enseñanza recíproca durante aproximadamente 15 minutos, trabajando una parte de la investigación.

En la segunda parte de cada sesión se contaba con todos los miembros de los grupos de trabajo y se les pedía que pusieran en común todas las ideas, reflexiones e investigaciones que hubieran realizado en la primera parte, basándose en la técnica del rompecabezas descrita por Johnson, D. W., Johnson, R. T. y Holubec, E. J., 1999[4]. La duración de esta parte era veinte minutos.

En los últimos quince minutos de cada sesión, cada grupo debía reflexionar sobre su comportamiento y actitud en el grupo, y además debían autoevaluarse, tanto individualmente como colectivamente.

A continuación se describe en mayor detalle los pasos realizados en cada una de las sesiones (véase *tabla 3*):

| Sesión | Trabajo |
|---|---|
| **Primera** | Realizarán el logo del grupo de trabajo y organizarán puestos y trabajos a realizar. |
| **Segunda** | Discriminar por métodos empíricos mezclas homogéneas de mezclas heterogéneas así como descubrir las unidades de concentración de las disoluciones. |
| **Tercera** | Realización de una disolución en el laboratorio de química teniendo como variable la concentración de la disolución. |
| **Cuarta** | Realización de memoria del trabajo de laboratorio. |
| **Quinta** | Exposición de resultados a los compañeros. |
| **Sexta** | Autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación de las cinco sesiones. |

*Tabla 3.* Esquema de las sesiones de trabajo cooperativo (elaboración propia).

*Sesión 1*. Se le asignó a cada grupo un lugar de trabajo, así como una carpeta de grupo donde debían ordenar todos sus materiales. Posteriormente, se pidió a los grupos que realizaran un logo que los identificara, con la intención de fomentar al máximo la implicación de todos sus miembros. A continuación se les entregó el primer documento que debían elaborar; «El Plan de Equipo» (Aguilar, N. y Breto, C., 2005)[5]. En este documento, los alumnos debían explicar sus cargos y responsabilidades, así como los retos y los objetivos que se proponían tanto individualmente como en grupo. La investigadora solo intervino para establecer un único objetivo a lo largo de todo el curso: «que todos los miembros del grupo progresaran en su aprendizaje».

*Sesión 2.* En esta sesión, los equipos de trabajo debían discriminar por métodos empíricos mezclas homogéneas de mezclas heterogéneas, así como descubrir las unidades de concentración de las disoluciones (tanto por ciento en masa) y la densidad. Debían conseguir, con sus propias palabras, las definiciones de mezclas heterogéneas y mezclas homogéneas; además debían saber interpretar en el laboratorio las unidades de concentración anteriormente citadas y saber calcular la cantidad de soluto y disolvente a partir del planteamiento de problemas.

*Sesión 3.* Los grupos debían realizar una disolución en el laboratorio teniendo como dato la concentración de la misma en tanto por ciento en masa. Los grupos realizaron diversas disoluciones que fueron supervisadas en todo momento por la investigadora.

[4] Johnson, D. W.; Johnson, R. T. y Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula.* Madrid, Paidós.

[5] Aguilar, N. y Breto, C. (2005). *La escuela, un lugar para aprender a vivir. Experiencias de trabajo cooperativo en el aula.* Madrid, CIDE.

*Sesión 4.* Los grupos realizaron una memoria del trabajo de laboratorio siguiendo estos puntos: 1) introducción teórica, 2) materiales utilizados, 3) procedimiento experimental (realizando dibujos), 4) realización numérica de problemas de disoluciones y 5) conclusiones.

*Sesión 5.* La práctica de laboratorio fue expuesta por cada uno de los grupos a sus compañeros y a la profesora. Los últimos diez minutos se dedicaron a resolver por parte de los compañeros las dudas que surgieron con la exposición.

*Sesión 6.* La sexta y última sesión se dedicó por completo a la evaluación de las sesiones anteriores.

Con el objetivo de analizar si existen diferencias relevantes entre grupo control y grupo experimental en las puntuaciones de la evaluación previa a la intervención, se han realizado pruebas t-Student. Además, para evaluar los efectos de la intervención a lo largo del tiempo, entre la fase pre y post de evaluación, en los grupos control y experimental se ha realizado el siguiente análisis: por un lado, se han realizado comparaciones entre las puntuaciones pre y post para cada grupo (experimental y control), mediante diferencia de medias con muestras relacionadas (t-Student) para conocer los efectos simples producidos en cada grupo. Por otro lado, se han realizado ANOVAS repetidas intrasujetos. Por último, se realizaron pruebas t-Student para analizar si había diferencias significativas en la CIEE, el rendimiento académico y en la IE en función del sexo.

## Resultados

En el grupo experimental se ha encontrado una mejora significativa en la IE total (F=7,5; p=0,007) (ver *figura 2*), es decir, mejoran la habilidad para gestionar y regular las presiones externas, mejoran en autoestima y su satisfacción con la situación actual de cada uno de ellos (bienestar, autocontrol, emocionabilidad y sociabilidad) (ver *figura 2*).

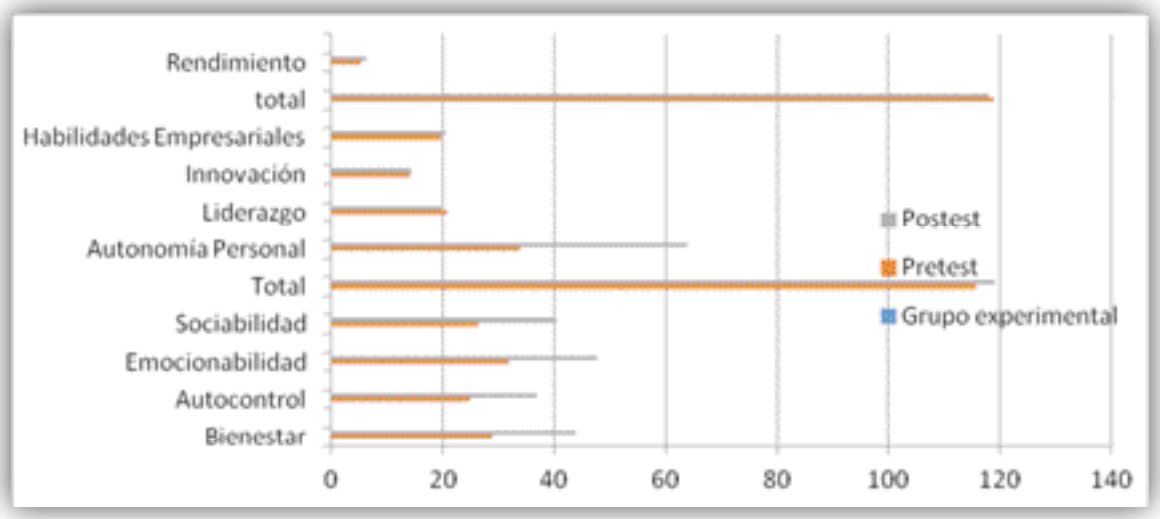



*Figura 2.* Grupo experimental.

Asimismo, se ha observado una mejora significativa de la autonomía personal (F=0,496; p=0,001), innovación (F=0,598; p=0,018), además de habilidades empresariales (F=21,14; p=,001). Los alumnos potencian la motivación de logro, su espíritu de superación, mejoran en responsabilidad, gestionan algo mejor el trabajo, toman decisiones y resuelven problemas. Además inician acciones nuevas a partir de conocimientos previos, son más creativos, son capaces de llevar a cabo proyectos y comienzan a trabajar en su visión de futuro. El rendimiento del grupo experimental sube también significativamente (F=47,51; p=0,000).

En contraste, el grupo que ha recibido las clases tradicionales magistrales no ha tenido esta mejora tan significativa tanto en IE como CIEE, incluso se han observado bajadas significativas. En IE total disminuye (F=4,53; p=0,000), así como CIEE total ( F=5,48; p=0,023) y el rendimiento también baja (F= 22,09; p=0,006) (ver *figura 3*).

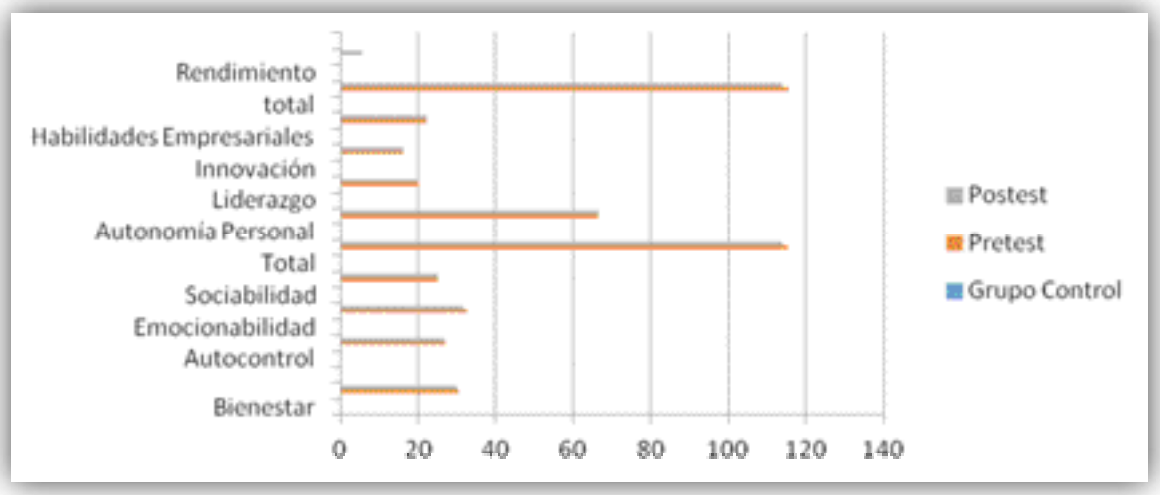



*Figura 3.* Grupo control.

## Discusión

El argumento fundamental de este trabajo tiene que ver con el efecto positivo que la intervención de trabajo cooperativo tiene sobre el IE, CIEE y rendimiento del grupo experimental. Si comparamos este con el grupo de control el cual, ha recibido la explicación de la unidad didáctica de disoluciones de forma magistral; el grupo experimental consigue, de forma general, mejorar significativamente las subescalas de Inteligencia Emocional (el grupo de control sufre unas bajadas significativas en todas las subescalas); CIIE (el grupo de control baja significativamente toda la competencia) y el rendimiento (el grupo de control baja el rendimiento significativamente).

Una de las limitaciones es que se centra en una competencia principal, la CIEE; creo que sería interesante estudiar la repercusión de la intervención docente de forma transversal en todas las competencias que se consideran básicas. Además otra limitación de la investigación que podría mejorarse en análisis posteriores es el hecho de que la muestra pertenezca a un centro privado con unas determinadas características sociales y económicas. Todos los test que han servido de instrumento para el estudio han sido de autoinforme, para ampliar y poder generalizar más los resultados sería muy conveniente utilizar otros instrumentos que complementen la información obtenida.

Centrándonos de nuevo en la intervención docente de trabajo cooperativo: el programa de intervención docente basado en planteamientos de aprendizaje cooperativo ha resultado positivo tanto en el desarrollo de la competencia, como la Inteligencia Emocional y el rendimiento, pero, además, ha sido muy beneficioso para poder atender a la diversidad del alumnado.

# Propuesta de actividades para trabajar el pensamiento crítico mediante la publicidad

Julia María Gutiérrez Seijas, Ángel Ezquerra Martínez, Mamen Martín Ortiz

*Facultad de Educación - Centro de Formación del Profesorado, Universidad Complutense.*
*C/ Rector Royo Villanova, s/n. Ciudad Universitaria - 28040 Madrid*
jmgseijas@ucm.es

**Palabras clave:** Ciencia y publicidad, prensa escrita, alfabetización científica y tecnológica, formación del ciudadano.

**Keywords:** Science and advertising, press, scientific and technological literacy, citizenship education.

**Resumen**

En el presente artículo se proponen una serie de actividades para analizar la capacidad de nuestros alumnos en la resolución de cuestiones científico-tecnológicas a partir de la información proveniente de los anuncios.

Nuestro interés se centra en saber si el alumnado es capaz de identificar los contenidos científicos presentes en la publicidad y puede hacer uso de esta información. Con este objetivo se han diseñado un conjunto de actividades que pretenden utilizar los conceptos científicos presentes en los anuncios para llevar a cabo un aprendizaje guiado; además, evaluar el grado de comprensión de los contenidos detectados en los consejos publicitarios. En definitiva, se trató de diseñar actividades de aula que nos permitieran mostrar a los alumnos que los contenidos científicos que se tratan en el aula son útiles en el día a día. Para ello se utilizó como modelo de generación de actividades el estilo PISA.

**Abstract**

In this article, a group of activities are proposed in order to analyze the students' capacity to solve scientific and technological issues based on the information provided by advertisements.

Our interest is focused on finding out whether students were able to identify and use this scientific information. For that, we designed and performed a set of activities related to the scientific concepts included in advertising. Later, these activities are evaluated in order to assess how students understand these scientific contents. In conclusion, the goal of this paper is to create classroom activities (model of questions PISA) which allow us to show that the scientific contents learnt in the school are useful in students' daily life.

## INTRODUCCIÓN

Si nos preguntáramos para qué es útil la ciencia escolar surgirían distintas respuestas en función del punto de vista de la persona que las formulara.[1] Sin embargo, no cabe duda de que, debido a los avances científico-tecnológicos que se han producido en la sociedad se hace cada vez más necesaria la inclusión de la alfabetización científica y tecnológica en la educación básica y general de todas las personas. Esta alfabetización busca establecer unos objetivos básicos para todos los estudiantes, es decir, pretende que la educación general esté constituida en parte por la educación científica.

Para que esto sea posible, es necesario dejar atrás la enseñanza de las ciencias como preparación propedéutica, incompatible con la alfabetización científica.[2] Comprensiblemente, conseguir cambiar algo que se ha venido haciendo durante un largo periodo de tiempo supone un gran esfuerzo, pues el primer obstáculo que hay que salvar es demostrar la necesidad de una educación científica útil para todas las personas[3]. Podemos suponer que este problema se está tratando de superar en la actualidad, ya que se comienzan a incluir en los currículos de ciencias contenidos innovadores que constituyen un componente esencial para la alfabetización científica o, como se ha denominado, competencia científica. Junto a estos contenidos han surgido numerosos materiales muy útiles para el aprendizaje científico y tecnológico de los estudiantes[4].

En cuanto a cómo enseñar ciencias, desde el punto de vista de la alfabetización científica, parece conveniente utilizar situaciones de la vida real y diseñar, a partir de estas, las actividades que consideremos que pueden promover este tipo de aprendizaje[5]. Esta tarea no presenta una gran complejidad, teniendo en cuenta que es sumamente fácil encontrar en nuestro entorno, y en el de nuestros alumnos, espacios donde debemos aplicar conocimientos científicos para comprender un hecho y actuar en consecuencia.

Un ejemplo de estos espacios son los medios de comunicación de masas[6] donde la utilización de contenido científico-tecnológico es muy elevada y que, en parte, estos sean responsables de algunas de las concepciones alternativas de nuestros alumnos. Por este motivo se hace imprescindible construir un conocimiento científico que les ayude a discernir y ser conscientes del tipo de información que les llega a través de estos espacios. Aquí también la escuela debería jugar un papel fundamental aunque ya nos encontremos fuera del aula.

Para afrontar estos retos, una de las opciones es proponer y analizar actividades de aula que consideren las acciones del día a día del alumno sin olvidar incorporar el formalismo académico que estructura los contenidos científicos. Este proceso de integración es un reto para el profesorado pero también es una tarea estimulante y atractiva. Son muchos los autores que han trabajado sobre estas situaciones. Unos hacen hincapié en la falta de conexión entre los contenidos que se trabajan en el aula y los conocimientos a los que los alumnos están expuestos continuamente[7, 8], proponiendo actividades que les lleven a

---

[1] ACEVEDO, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), pp. 33-15.

[2] FURIÓ, C.; VIILCHES, A.; GUISASOLA, J. y ROMO, V. (2001). Finalidad de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las ciencias*, 19(3), pp. 365-376.

[3] GIL, D. y VILCHES, A. (2001), Una alfabetización científica para el siglo XXI. *Investigación en la escuela 2001*, 43, pp. 27-37.

[4] VÁZQUEZ, C.; MANASSERO, M. A. y ORTIZ, S. (2013). Análisis de materiales para la enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), pp. 243-268.

[5] PRIETO, T.; ESPAÑA, E. y MARTÍN, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), pp. 71-77.

[6] EZQUERRA, Á. (2003). ¿Podemos aprender ciencia con la televisión? *Educatio Siglo XXI*, 20-21, pp. 117-142.

[7] POZO, J. I. y GÓMEZ, M. (1998). *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid, Morata.

[8] DUGGAN, S. y GOTT, R. (2002). What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education*, 24(7), pp. 661-679.

relacionar ambos contenidos[9]. En esta línea, Vílchez y Perales[10] proponen el uso de los dibujos animados para ayudar a los alumnos a construir y asentar los conocimientos sobre física. Otros consideran que la importancia reside en contextualizar los contenidos científicos, con el fin de ofrecer una visión más cercana y realista de la ciencia al alumno[11, 12], o en reelaborar lo que Blanco[13] denomina «conocimiento científico oficial» para convertirlo en «conocimiento escolar», adaptándolo así a los alumnos según sus edades y desarrollo intelectual.

En la enseñanza de las ciencias experimentales, la publicidad se presenta como un buen recurso ya que, cada vez con mayor frecuencia, la publicidad y la ciencia se ven relacionadas[14]. Debemos aprender a utilizar la publicidad en el entorno educativo y ser cuidadosos, pues la publicidad, en numerosas ocasiones, hace un uso inadecuado de la ciencia y la tecnología. El problema reside en que, estas invocaciones erróneas de la ciencia, pasan inadvertidas para gran parte de nuestra sociedad y, además, generan creencias exageradas sobre la ciencia y el conocimiento científico, suponiendo que este es superior a otros tipos de conocimiento[15]. Para que esto suceda en menor medida resulta fundamental la alfabetización científica en la escuela, trabajando en nuestros alumnos la actitud crítica frente a la utilización inadecuada de los contenidos científicos.

## Propuesta didáctica

En este trabajo proponemos utilizar en el aula los anuncios publicitarios con contenido científico-tecnológico en la prensa escrita para generar actividades académicas. Para ello, en primer lugar se realizó una búsqueda y selección de este tipo de proclamas; así se eligieron dos tipos: sobre coches y sobre teléfonos móviles. La razón de esta elección radica en que los alumnos están familiarizados con estos artefactos y parecen disfrutar con ellos, es previsible que deban tomar decisiones sobre su compra y los textos de sus anuncios están plagados de referencias científico-tecnológicas. El siguiente paso fue desarrollar las actividades en las que utilizamos las imágenes y el texto de los anuncios.

Así propusimos a los estudiantes cuestiones con una estructura similar a las empleadas en PISA para trabajar la competencia científica en secundaria. Esto es, en cada ejercicio se planteó una historia que introduce a los alumnos al problema que deben resolver y, a continuación, se presentaron las preguntas engarzadas en esta situación relativamente cercana a la realidad de nuestros estudiantes.

Con esto esperamos que los alumnos reflexionasen acerca de la información que aparece en los anuncios y lleguen a ser críticos sobre si esta información puede ser comprensible para toda la sociedad, sin distinción de si su formación académica es científica o no. Las actividades que se plantearon fueron:

---

[9] Jiménez-Liso, M. R.; Sánchez, A. y De Manuel, E. (2001). Aprender química de la vida cotidiana más allá de lo anecdótico. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 28, pp. 53-62.

[10] Vílchez, J. M. y Perales, F. J. (2005). Enseñando física con dibujos animados. *Enseñanza de las ciencias*, número extra: VII Congreso.

[11] Vázquez, C. (2004). Reflexiones y ejemplos de situaciones didácticas para una adecuada contextualización de los contenidos científicos en el proceso de enseñanza. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(3), pp. 214-223.

[12] Prieto, T. (2012), pp. 71-77.

[13] Blanco, Á. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(2), pp. 70-86.

[14] Ezquerra, Á. y Fernández-Sánchez, B. (2014). Análisis del contenido científico de la publicidad en la prensa escrita. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(3), pp. 275-289.

[15] Campanario, J. M.; Moya, A. y Otero, J. C. (2001). Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad. *Enseñanza de las ciencias*, 19(1), pp. 45-56.




*Figura 1.* Ejemplo de imágenes publicitarias utilizadas para realizar la propuesta didáctica.

### IDENTIFICAR Y NOMBRAR UNIDADES

Esta tarea consiste en pedir a los alumnos que nombren unidades que aparecen en los anuncios (kW, cm, mAH…) y que indiquen a qué característica de los dispositivos se refieren y qué magnitudes miden.

También se puede plantear una pregunta más abierta en la que tengan que nombrar todas las unidades que reconozcan en los anuncios e, igualmente, indicar las características a las que se refieren. Por lo tanto, tendrán que poner especial interés en reunir todas las unidades que aparecen en los anuncios que les mostramos y seleccionar aquellas que conozcan.

Este ejercicio no presenta gran dificultad, pero es necesario que los alumnos presten especial atención al observar los anuncios y extraigan de ellos la información que se requiere en el ejercicio. Además es útil para comprobar si existen concepciones erróneas acerca del nombre de las unidades y las magnitudes.

### COMPARAR DATOS

A partir de los datos de los anuncios se pide a los alumnos que ordenen y comparen las características de los dispositivos (CV, emisiones de $CO_2$, pulgadas, Mpx…).

Esta actividad puede ampliarse solicitando equivalencias o cambios de unidades. Es decir, en los anuncios de coches puede venir dada la potencia en CV, en kW o en ambas. Se podrían manipular las imágenes para que en unos anuncios aparecieran CV, en otros kW y en otros la equivalencia.

Esta tarea se puede realizar con todos los parámetros que nos permitan las imágenes y que creamos oportunos. Además, nos serviría de antesala para una cuestión de dictamen.

### TOMA DE DECISIONES Y ARGUMENTACIÓN

En este ejercicio nos interesa que los alumnos tomen una decisión sobre los dispositivos planteados y que la acompañen de un argumento firme. Esta tarea nos permite comprobar el nivel de comprensión

de los datos que han trabajado en las cuestiones anteriores (si para ellos es mejor un coche con más o menos kW o si es mejor un móvil que tenga más Gb de memoria RAM). El objetivo final es que sean capaces de apoyarse en las respuestas dadas en las tareas anteriores para justificar su decisión final.

Esta tarea presenta gran dificultad para los alumnos, puesto que es una cuestión de respuesta abierta y es necesario que justifiquen sus afirmaciones relacionando sus conocimientos con el contenido de los anuncios.

### Juzgar la información que se presenta

Finalmente, se puede buscar que los alumnos den un juicio acerca de la calidad de la información que aparece en los anuncios. Se pretende que los alumnos opinen sobre si los datos que muestran las imágenes pueden ser comprensibles para toda la sociedad y si son útiles en la toma de decisión a la hora de adquirir un nuevo dispositivo.

## Otras consideraciones

Se ha propuesto utilizar la prensa escrita porque es un medio más cómodo para trabajar en el aula que la radio o la televisión, que resultan soportes más difíciles de proponer en papel. Naturalmente, es posible utilizar los *podcasts* de la radio o cortes audiovisuales extraídos de la televisión. Por último, es importante destacar que este tipo de actividades son fácilmente adaptables a todos los niveles de secundaria.

# Aula Científica de Física y Química

Omayra Hernández Rubio
*Universidad de Salamanca. Plaza de los Caídos, s/n - 37008 Salamanca*
omayra@usal.es

**Palabras clave:** Ciencias experimentales, física y química, laboratorio, experiencias prácticas.

**Keywords:** Experimental sciences, physics and chemistry, laboratory, practical experiences.

**Resumen**

El trabajo de laboratorio constituye una herramienta imprescindible en el estudio de la Física y la Química. Por esta razón se decidió desarrollar una actividad extraescolar que permitiese a los alumnos de 4.º ESO y 1.º Bachillerato del IES Fernando de Rojas de Salamanca realizar prácticas de laboratorio como apoyo a las clases magistrales. Para ello se elaboró el material didáctico para la enseñanza experimental de la Física y la Química de acuerdo a los contenidos establecidos en la LOE. Asimismo, se realizó una investigación educativa que permitió valorar la importancia del trabajo práctico como complemento del cuerpo teórico.

**Abstract**

Laboratory work is an essential tool in the study of Physics and Chemistry. Therefore we decided to develop an extracurricular activity in the Fernando de Rojas highschool of Salamanca in order to perform laboratory work as support for theoretical classes. For that, didactic material for teaching Physics and Chemistry in 4th ESO and 1st BAC according to LOE was developed. Furthermore, an educational research that allowed assessing the importance of the use of the laboratory as a complement of the theoretical body was made.

## Introducción

La mejor forma de aprender ciencia es haciendo ciencia. El trabajo de laboratorio supone una herramienta imprescindible en el estudio de las ciencias experimentales, destacando así la importancia tanto de la actividad teórica como de la práctica. Es por ello que la inclusión de prácticas de laboratorio en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales ha constituido, y constituye, un tema de gran discusión a lo largo de la historia.

En el siglo XVIII, John Locke ya contemplaba la necesidad de incluir actividades prácticas en las materias de ciencias para que el aprendizaje de los estudiantes mejorase. Con el paso del tiempo, surgieron nuevas opiniones que ponían de manifiesto las ventajas y desventajas que esto conlleva. Pickering[1] sos-

[1] Pickering, M. (1993). «The teaching laboratory through history». *Journal of Chemical Education,* 70(9), pp.699-700.

tenía que realizar prácticas de laboratorio a la vez que se recibían clases teóricas no aportaba tantos beneficios como se creía debido a la importancia que se le comenzó a otorgar a las demostraciones sin evidencias pedagógicas justificables. Actualmente, la utilización de los laboratorios como herramienta complementaria a las clases magistrales en las enseñanzas de Educación Secundaria y Bachillerato se considera una estrategia educativa útil por parte de la mayoría de los padres y profesores, aunque es cierto que, en algunos casos, las prácticas de laboratorio se ven como recetas ilustrativas y son percibidas como una pérdida de tiempo.

Surge entonces la necesidad de conocer cuál es la finalidad que se busca a través de dicha tarea. Frente a este aspecto, Barberá y Valdés[2] realizaron un estudio en el que recogen los puntos de vista de varios autores que ofrecen enfoques distintos a la utilización de las clases prácticas como apoyo de las clases teóricas, recopilando los principales objetivos que se persiguen tanto por parte de los docentes e investigadores como por parte de los alumnos. Así, para el primer grupo, se pueden resumir en:

- Descubrir las leyes y los principios por medio de la experiencia.
- Enseñar a elaborar un diario de laboratorio y un informe experimental.
- Motivar a los alumnos frente a las ciencias.
- Mejorar su aprendizaje.
- Desarrollar destrezas manipulativas.

Sin embargo, los autores indican que los alumnos ven el trabajo experimental desde otra perspectiva, tratando de conseguir unos objetivos que difieren significativamente de los anteriores:

- Aprender técnicas experimentales.
- Reforzar las clases magistrales estrechando vínculos entre lo que se realiza en los laboratorios y lo aprendido en las clases teóricas.
- Aumentar su interés por las ciencias.
- Tomar contacto con la realidad de los fenómenos naturales.

Frente a ello, los propios autores concluyen que, en términos generales, la finalidad que se pretende alcanzar con el desarrollo de clases prácticas es proporcionar experiencia directa sobre los fenómenos y permitir contrastar la abstracción científica con la realidad que se pretende describir, así como desarrollar competencias técnicas y el conocimiento práctico.

Ante la gran diversidad de objetivos expuestos para esta actividad y con el propósito de esclarecer cuáles son los más importantes, Caamaño[3] plantea la necesidad de aclarar las funciones que debe de tener el trabajo práctico en las materias de ciencias. Las prácticas de laboratorio han de valer para ilustrar los conceptos aprendidos en las clases magistrales, para interpretar las experiencias y para aprender los métodos y técnicas de laboratorio. Asimismo, considera que deben de tener una función investigadora-teórica e investigadora-práctica que permitan la resolución de problemas teóricos y prácticos, respectivamente.

Un buen punto de partida para empezar a incorporar estas actividades a las aulas o replantearse su enfoque serían las siete estrategias que Tárraga *et al.* recogen en su trabajo[4]:

---

[2] BARBERÁ, O. y VALDÉS, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias,* 14(3), pp. 365-379.

[3] CAAMAÑO, A. (2005). Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el método atómico-molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. *Educación Química,* 16 (1), pp.10-19.

[4] TÁRRAGA POVEDA, P.; BECHTOLD, H.; DE PRO BUENO, A. (2007) El uso de las prácticas de laboratorio en Física y Química en dos contextos educativos diferentes: Alemania y España., *Educatio Siglo XXI,* 25, pp.145-166.

- Realizar el máximo número posible de prácticas.
- Realizar experiencias sencillas, lo menos peligrosas posible, sin aparatos complicados o muchas manipulaciones.
- Implicar directamente al alumnado.
- Hacer ver la necesidad de una planificación previa, incluyendo las medidas de seguridad necesarias.
- Trabajar en grupos.
- Buscar siempre el mayor acercamiento entre lo que se hace en el laboratorio y los hechos y fenómenos de la vida cotidiana.
- Usar materiales de la vida cotidiana, como recipientes de leche, latas de bebidas, balones y bombas de bicicleta, bolsas de té, pequeños aparatos caseros, etc., para hacer con ellos los experimentos de laboratorio.

No obstante, no hay que olvidarse que, para poder llevar a cabo esta tarea, hay que hacer frente a algunos problemas presentes en todos los centros. A pesar de que la ley promueve la realización de actividades experimentales, la reducción del profesorado y las dificultades organizativas de los centros terminan por dejar en un segundo plano estas funciones. Tanto es así que, en la mayoría de los casos, las prácticas se realizan de manera puntual, recurriendo a ellas únicamente para comprobar un concepto concreto y, en ocasiones, con desfase temporal entre la explicación y la comprobación. Aun así, tanto para los profesores como para alumnos y padres las prácticas de laboratorio son una fase del proceso científico que sirven para fijar conceptos tratados en las clases magistrales, para motivar a los alumnos y para estimular el trabajo en equipo. Además, en ocasiones la ausencia de medios tanto físicos como económicos supone que el equipamiento de los laboratorios se quede obsoleto llegando a incumplir la normativa de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, artículo 8).

Otro problema existente en la impartición de prácticas de laboratorio son los enfoques o estilos de enseñanza usados por el profesorado. En su trabajo, Flores *et al*.[5] asocian esta situación a tres confusiones que se manifiestan como problemas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias:

- Confusión entre el rol del científico y el del estudiante de ciencias.
- Confusión entre la psicología del aprendizaje y la filosofía de la ciencia.
- Confusión entre la estructura sustantiva y la estructura sintáctica del conocimiento disciplinar.

Como último inconveniente de este aspecto puede incluirse la idea de Clakson y Wright[6], Buchan y Jenkins[7], Thijs y Bosch[8] y Hofstein y Lunetta[9], quienes concluyen que los resultados alcanzados con la práctica experimental son poco eficaces. Esto lo ponen de manifiesto en sus trabajos, demostrando que muchos estudiantes consideran que el propósito de la actividad en el laboratorio es seguir unas instrucciones para llegar a un resultado correcto, poniendo mayor atención en el manejo del instrumental de laboratorio que en la aplicación de las ideas aprendidas en las clases teóricas.

---

[5] Flores, J.; Caballero Sahelices, M. C. y Moreira, M. A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación,* 33(68), pp. 75-111.

[6] Clakson, S. G. y Wright, D. K. (1992). An appraisal of practical work in science education. *School Science Review*, 74 (266), pp.39-42.

[7] Buchan, A. S. y Jenkins, E. W. (1992). The internal assessment of practical skills in science in England and Wales 1960-1991: some issues in historical perspective. *International Journal of Science Education,* 14, pp.367- 380.

[8] Thijs, G. D. y Bosch, G. M. (1995). Cognitive effects of science experiments focusing in students preconceptions of force: a comparison of demonstrations and small group practices. *International Journal of Science Education,* 17, pp. 311-323.

[9] Hofstein, A. y Lunetta, V. N. (1982). The role of laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research,* 52, pp. 201-217.

A pesar de todos estos aspectos negativos, los docentes, los padres y los diseñadores curriculares mantienen la idea de la necesidad del uso de los laboratorios en los institutos para mejorar el rendimiento y estimular a los alumnos aumentando su interés en las materias de ciencias.

## JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Tras una revisión bibliográfica de las opiniones de diferentes autores con respecto a la utilización de trabajos prácticos como apoyo a las clases magistrales de Física y Química, y teniendo en cuenta las dificultades que dicha tarea puede presentar, se decidió desarrollar una actividad extraescolar en la cual se efectuasen experiencias relacionadas con la Física y la Química que permitieran a los alumnos del IES Fernando de Rojas de la provincia de Salamanca tomar contacto con el laboratorio y el trabajo práctico y, de este modo, realizar un estudio para conocer si esta actividad presenta realmente algún beneficio para los alumnos.

## OBJETIVOS

Los objetivos planteados a lo largo del trabajo son los que se exponen a continuación:

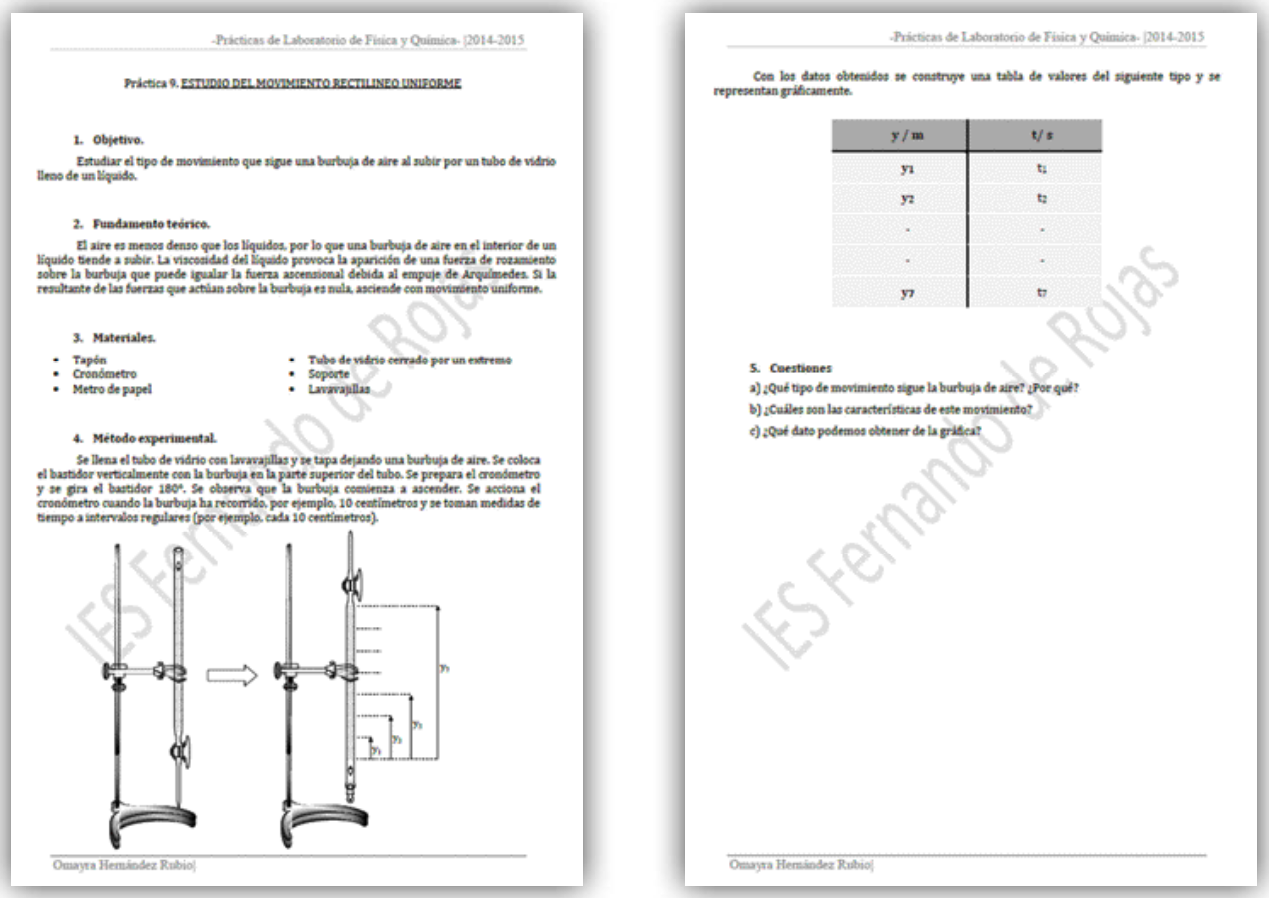
- Reforzar los conceptos teóricos explicados en las clases magistrales, mejorando así el aprendizaje.
- Enseñar diferentes técnicas de laboratorio necesarias en el trabajo de la investigación.
- Fomentar la curiosidad de los alumnos así como su afán investigador mediante la realización de prácticas relativas a Física y Química.

## METODOLOGÍA

La propuesta didáctica se llevó a cabo durante el curso académico 2014-2015 con los alumnos de los grupos de 4.º ESO y 1.º Bachillerato del IES Fernando de Rojas de la provincia de Salamanca, un centro de titularidad pública dependiente de la Junta de Castilla y León, que imparte enseñanzas de Educación Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional de Educación Infantil, Educación Infantil a Distancia, Animación Sociocultural y Atención Sociosanitaria. Para ello se hizo uso del laboratorio de Química que se encuentra en el centro, el cual está equipado con gran cantidad de material, reactivos y mobiliario que ofrece un amplio abanico de oportunidades a la hora de realizar diferentes prácticas.

La actividad consistía en la realización de experiencias de Física y Química durante el curso académico asistiendo al laboratorio dos horas al mes en horario extraescolar.

Para la elaboración del material didáctico se tuvo en cuenta la Ley Orgánica de Educación 2/2006, de 3 de mayo. Los contenidos trabajados en las distintas sesiones de la actividad se adaptaban a las programaciones de la asignatura de Física y Química de los cursos de 4.º ESO y 1.º Bachillerato. Una vez seleccionados, se prepararon guiones de prácticas (*figura 1*) para cada experiencia con la idea de facilitar el trabajo al alumnado y que ellos asimilasen mejor los conceptos que se querían trabajar. Por ello se especificaban los objetivos que se pretendían alcanzar con dicha experiencia, el fundamento teórico en el que se basaba, el material y los reactivos necesarios para poder llevarla a cabo, el procedimiento experimental a seguir y algunas cuestiones para reforzar los contenidos trabajados. Además, el primer día de la actividad se les entregó un dosier en el que se especificaban las normas de seguridad que había que cumplir dentro del laboratorio y las pautas a seguir en caso de accidente, los elementos de seguridad necesarios para poder trabajar (bata y gafas de seguridad) y un documento con el material de laboratorio.



-Prácticas de Laboratorio de Física y Química- |2014-2015

Práctica 9. ESTUDIO DEL MOVIMIENTO RECTILINEO UNIFORME

1. Objetivo.

Estudiar el tipo de movimiento que sigue una burbuja de aire al subir por un tubo de vidrio lleno de un líquido.

2. Fundamento teórico.

El aire es menos denso que los líquidos, por lo que una burbuja de aire en el interior de un líquido tiende a subir. La viscosidad del líquido provoca la aparición de una fuerza de rozamiento sobre la burbuja que puede igualar la fuerza ascensional debida al empuje de Arquímedes. Si la resultante de las fuerzas que actúan sobre la burbuja es nula, asciende con movimiento uniforme.

3. Materiales.

- Tapón
- Cronómetro
- Metro de papel
- Tubo de vidrio cerrado por un extremo
- Soporte
- Lavavajillas

4. Método experimental.

Se llena el tubo de vidrio con lavavajillas y se tapa dejando una burbuja de aire. Se coloca el bastidor verticalmente con la burbuja en la parte superior del tubo. Se prepara el cronómetro y se gira el bastidor 180º. Se observa que la burbuja comienza a ascender. Se acciona el cronómetro cuando la burbuja ha recorrido, por ejemplo, 10 centímetros y se toman medidas de tiempo a intervalos regulares (por ejemplo, cada 10 centímetros).

Omayra Hernández Rubio|

-Prácticas de Laboratorio de Física y Química- |2014-2015

Con los datos obtenidos se construye una tabla de valores del siguiente tipo y se representan gráficamente.

| y / m | t/ s |
|---|---|
| $y_1$ | $t_1$ |
| $y_2$ | $t_2$ |
| . | . |
| . | . |
| $y_7$ | $t_7$ |

5. Cuestiones

a) ¿Qué tipo de movimiento sigue la burbuja de aire? ¿Por qué?

b) ¿Cuáles son las características de este movimiento?

c) ¿Qué dato podemos obtener de la gráfica?

Omayra Hernández Rubio|

*Figura 1.* Ejemplo de guion de prácticas.

Para introducir a los alumnos en el trabajo científico de la forma más real posible, se decidió establecer una metodología que consistía en cinco fases de trabajo (*figura 2*) que había que repetir en cada una de las sesiones.




*Figura 2.* Fases de las sesiones de prácticas.

## FASE 1

*Comprender el guion de prácticas*. El objetivo era que los alumnos se esforzasen y realizasen un trabajo personal que les permitiera activar los conocimientos necesarios para llevar a cabo cada una de las experiencias. Para ello, la semana anterior a la sesión de prácticas se les hacía llegar a través del correo electrónico el guion de la práctica que se iba a desarrollar. Los alumnos debían leerlo minuciosa y detenidamente y tratar de comprender lo que se iba a realizar, siendo así posible buscar y ampliar la información proporcionada en función de las necesidades de cada uno. De este modo, se adelantaba mucho trabajo, pues hay que tener en cuenta que tan solo se disponía de una hora de laboratorio.

### FASE 2

*Preparar el material*. El conocimiento del material de laboratorio es primordial en el desarrollo del trabajo científico. Por este motivo la primera clase se dedicó a su presentación. Para ello se facilitó a los alumnos un documento en el que se explicaba a través de imágenes el nombre de cada útil de laboratorio permitiéndoles así familiarizarse con los materiales antes de utilizarlos. Por esto se les pedía que nada más llegar, y después de ponerse la bata y las gafas de seguridad, organizasen su puesto de trabajo con el material requerido en cada experiencia poniendo en práctica la parte teórica aprendida. Durante este periodo de tiempo, y cuando era necesario, el profesor preparaba los reactivos en una mesa común para todas las parejas.

### FASE 3

*Realizar la práctica*. Una vez que el profesor había verificado que los materiales eran los adecuados, los alumnos podían comenzar la práctica. Durante el desarrollo de las experiencias, el profesor estaba disponible en todo momento para solventar dudas y supervisar de manera individual el trabajo a cada pareja.

### FASE 4

*Contestar las cuestiones*. Cuando los alumnos terminaban la práctica, se les pedía que contestasen brevemente a las cuestiones detalladas en el guion, siendo siempre necesaria la justificación de cada una de ellas. De esta forma, los alumnos ponían en juego, una vez más, los conocimientos revisados, lo cual les permitía afianzar los conceptos y entenderlos mejor.

### FASE 5

*Emitir conclusiones*. Al finalizar cada sesión, se dedicaban cinco minutos para debatir y poner en común las conclusiones que cada pareja había obtenido con el fin de complementar las ideas personales con los comentarios y observaciones de los compañeros, pudiendo así aclarar dudas y fijar conceptos.

Las prácticas de laboratorio llevadas a cabo se detallan en la *tabla 1*. Se escogieron aquellas que resultaron, por un lado, interesantes para complementar el cuerpo teórico de lo impartido en las clases teóricas acorde a lo establecido en la ley de educación y, por otro, curiosas y vistosas para así intentar aumentar el interés de los alumnos y que vieran el alcance de la Física y la Química en la vida cotidiana.

El orden de las prácticas fue asignado para que fuera consecuente con la cronología de la programación académica de cada asignatura establecida por el departamento de Física y Química. Es decir, con el curso de 4.º ESO primeramente se trabajó el bloque de Química y con 1.º Bachillerato el de Física. Para facilitar la organización y el trabajo en el laboratorio, los alumnos trabajaban por parejas. Gracias a esto podían interactuar entre ellos ayudándose mutuamente en la realización de la práctica y de las actividades, lo cual permitía el desarrollo de la autonomía y la iniciativa personal y de las habilidades sociales para relacionarse, cooperar y trabajar en equipo.

Todo aquello que se realizaba en el laboratorio se podía ver en el blog de la actividad, *acamparojas.blogspot.com*, ya que durante cada sesión se realizaban fotos que *a posteriori* se colgaban junto con los guiones de las prácticas. Al blog se accedía a través del enlace «AULA CIENTÍFICA» que figuraba en la página web del instituto. De este modo, los padres podían hacer un seguimiento de todo aquello que sus hijos hacían en la actividad.

| | 4.º ESO | 1.º Bachillerato |
|---|---|---|
| **Práctica 1** | Separación de los componentes de una mezcla heterogénea. | Estudio del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. |
| **Práctica 2** | Preparación de disoluciones. Lluvia de oro. | Estudio de la fuerza de rozamiento. |
| **Práctica 3** | Estudio de la conductividad y solubilidad de diferentes sustancias. | Fuerzas y movimientos. Fuerzas en fluidos. |
| **Práctica 4** | Estequiometría de las reacciones químicas. | Transformaciones energéticas. |
| **Práctica 5** | Velocidad de reacción. Efecto de los catalizadores. Pasta de dientes para elefantes. | Calor y temperatura. Efectos del calor en los cuerpos. |
| **Práctica 6** | Convertir cobre en «plata» y «oro». | Determinación del calor específico de un objeto. |
| **Práctica 7** | Jardín químico. | Reflexión y refracción de la luz. |
| **Práctica 8** | Química recreativa. | Jardín químico. |
| **Práctica 9** | Estudio del movimiento rectilíneo uniforme. | Separación de componentes I: la destilación del vino. |
| **Práctica 10** | Las fuerzas y el movimiento. | Separación de componentes II: descomposición de la tinta negra en colores. |
| **Práctica 11** | Comprobación de la presión hidrostática. | Estudio de la conductividad y solubilidad de diferentes tipos de sustancias. Electrólisis de una disolución de NaCl. |
| **Práctica 12** | La presión: el principio de Pascal y la presión atmosférica. | Obtención de dióxido de carbono. Comprobación de sus propiedades: carácter ácido y densidad. |
| **Práctica 13** | La presión y la flotabilidad de los cuerpos. | Indicadores ácido-base. |
| **Práctica 14** | Experimentos curiosos de Física. | Determinación del contenido de ácido acetilsalicílico de una aspirina. |

*Tabla 1.* Prácticas de laboratorio realizadas con los cursos de 4.º ESO y 1.º Bachillerato.

## Resultados

Al finalizar el «Aula Científica de Física y Química» se realizó una encuesta entre los alumnos con el objetivo de valorar el desarrollo de la actividad. Estos pudieron evaluarla, así como expresar su opinión con respecto a la misma. Paralelamente, estos resultados servirían para estudiar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Tras analizar la información transmitida por los alumnos, se obtuvo que el 100% de los alumnos encuestados se apuntaron a la actividad porque la consideraban interesante y útil para complementar el estudio de la asignatura y si pudieran repetirían la actividad el curso próximo. Sin embargo, tan sólo un 65% de los alumnos demostró verdadero interés por la actividad, ya que solo ese grupo reducido de estudiantes se molestaba en leer y prepararse el guion de prácticas. Además, este porcentaje coincidía con aquellos que preguntaban dudas durante la realización de las prácticas y que, consecuentemente, contestaban correctamente y de forma justificada las cuestiones planteadas, poniendo de manifiesto la comprensión de lo explicado.

El 95% de los alumnos consideraban que habían logrado los objetivos que se habían propuesto al inicio de la actividad:

- Aumentar el interés por la Física y Química.
- Aprender de una forma amena y divertida.

- Ver aplicaciones de los conceptos teóricos vistos en las clases magistrales.
- Reforzar la asignatura.
- Hacer prácticas interesantes y de la vida cotidiana.
- Familiarizarse con el material de laboratorio así como con diversas técnicas de trabajo.
- Ampliar los conocimientos adquiridos en las clases magistrales.

El 5% restante manifestó que su insatisfacción se debía a la escasa ampliación de conocimientos que habían recibido, ya que la actividad solo les había servido para complementar el cuerpo teórico de la asignatura. Esto se puede justificar por la heterogeneidad del alumnado; es decir, cada alumno tenía un nivel y su interés por la materia en cuestión era diferente, por lo que, al seguir el mismo ritmo con todos, la ampliación de conocimientos tenía lugar a diferente escala. Además, había un 5% de estudiantes que estaba totalmente implicado con la Física y la Química y siempre buscaba por su cuenta ir más allá de lo expuesto en las prácticas.

El 90% de los alumnos consideró que la realización de la actividad le sirvió para afianzar y reforzar los conceptos trabajados que tenían de Física y Química.

Por otro lado, un 55% de los alumnos manifestaron que consideraban que el laboratorio no estaba bien equipado. No obstante, desde un punto de vista docente y teniendo en cuenta que se trata de un instituto, el laboratorio cuenta con el material necesario para la realización de diversas prácticas de laboratorio, tales como las indicadas en la tabla 1, así como de gran cantidad de reactivos. Una posible explicación a esta respuesta es que los alumnos traen una idea preconcebida de lo que es un laboratorio de Física y Química por lo que hayan podido ver en la televisión o en revistas y libros y, por tanto, pueden considerar que el laboratorio del instituto no está a la altura de aquellos otros.

El 90% de los alumnos consideraron que la actividad hizo más interesante el estudio de la asignatura de Física y Química, ya que ellos se convertían en los protagonistas. Asimismo, el trabajo en equipo supuso un eje motivador, puesto que les facilitaba la comprensión de los conceptos y el desarrollo de la misma al dar y recibir ayuda de los compañeros.

Otro aspecto importante era conocer la opinión que merecían los guiones de las experiencias realizados expresamente para esta actividad. El resultado de satisfacción fue de un 80%, puesto que era su primer contacto con el trabajo científico y se lo simplificaba enormemente.

Finalmente, y de forma paralela, se les preguntó si les habían parecido interesantes las experiencias realizadas y si hubieran hecho alguna más. En cuanto a la primera cuestión, el 100% de los encuestados contestaron afirmativamente, indicando que entre las prácticas más entretenidas se encontraban el jardín químico, la pasta de dientes para elefantes, la destilación del vino, la electrólisis del cloruro sódico en disolución, el cambio de color de las monedas de céntimo y la construcción de un cohete.

Además, a un 20% del total le hubiera gustado realizar alguna práctica adicional como son la pila de Daniell, alguna experiencia más que pusiese de manifiesto las reacciones químicas, el volcán de bicarbonato y más prácticas de Química en detrimento de las de Física.

## CONCLUSIONES

Tras finalizar el «Aula Científica de Física y Química» y analizados los resultados obtenidos de las encuestas de satisfacción realizadas el último día, se puede concluir que:

- Los propios alumnos estiman oportuno realizar conjuntamente un estudio teórico y práctico de la asignatura de Física y Química, ya que el trabajo de laboratorio supone una herramienta que facilita el aprendizaje de las ciencias experimentales.

- Aquellos alumnos que participaron en la actividad con interés y motivación demostraron una mejor comprensión de los conceptos explicados en las clases magistrales, adquiriendo un mejor aprendizaje basado en un conocimiento más amplio y asentado.
- Las actividades prácticas ejercen una fuerza motivadora en los alumnos, ya que les convierte en los protagonistas y permiten el desarrollo de competencias como el trabajo en equipo.
- Se hace necesario producir un acercamiento entre los alumnos y el mundo científico para que adquieran una idea del trabajo experimental lo más realista posible.

# Caracterización cualitativa de suelos: un paso hacia la comprensión de sistemas complejos en Bachillerato

Marisol Lopera Pérez

*Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valladolid - 47011 Valladolid*
marisol.lopera@alumnos.uva.es

**Palabras clave:** Suelo, complejidad, análisis cualitativo, sistema, Bachillerato.

**Keywords:** Soil, complexity, qualitative analisys, system, high school.

**Resumen**

La estrategia didáctica se implementa en un grupo de alumnos de Bachillerato de un centro educativo rural como escenario para la conceptualización y acercamiento al recurso suelo. Así que se tiene como objetivo favorecer la comprensión de este como un sistema complejo, donde interactúan permanentemente elementos biofísicos, socioculturales, económicos, políticos. Además, se pretende cambiar la mirada que, como habitantes, los alumnos tienen del territorio en términos de la evolución y múltiples transformaciones del suelo. Por ello, la secuenciación planteada contempla diversas actividades prácticas, como indagaciones teóricas y bibliográficas, salidas de campo, trabajo de laboratorio y, en general, análisis de contexto desde la perspectiva del trabajo colaborativo.

**Abstract**

The teaching strategy was implemented in a group of high school students from a rural area as the setting for the conceptualization and approach to soil resources. So it aims to promote understanding of it as a complex system, where biophysical, socio-cultural, economic, political elements interact constantly. In addition, it aims to change the view as residents, students have the territory in terms of evolution and multiple transformations soil. Therefore, sequencing raised contemplates various practical activities and theoretical and inquiry, field trips, laboratory work and general context analysis from the perspective of collaborative work.

## Introducción

El suelo constituye uno de los factores abióticos más importantes del planeta, de hecho, sustenta el desarrollo de las actividades humanas y, en general, biológicas; además, garantiza el flujo de materia y energía a nivel global. Por esta razón, la identificación y caracterización de los suelos corresponde a uno de los

estudios y prácticas más útiles que en la enseñanza de las Ciencias Naturales se puede desarrollar, de manera que, desde la escuela se reconozcan vocaciones, se potencien actividades económicas, se identifiquen riesgos, en una palabra: se reflexione en torno a la posibilidad de una mejor gestión.

Así que, la importancia del manejo integrado del suelo desde el enfoque del desarrollo sostenible es una alternativa que permite repensar la organización del conocimiento y favorecer la transdisciplinariedad; adicionalmente requiere de la comprensión y aproximación a un concepto importante en la enseñanza de las Ciencias Naturales, como es el de sistema complejo. En consecuencia, se parte de reconocer la capacidad de un grupo de alumnos de Bachillerato de un centro educativo rural para familiarizarse con dicho concepto, a través del análisis cualitativo del suelo como realidad próxima y escenario de estructuración conceptual; además, para sensibilizar desde la escuela sobre los contextos locales de manera que se puedan gestar procesos de replantear el significado y la valoración del territorio.

De la misma manera, al abordar el suelo en el nivel educativo de Bachillerato se debe considerar que más que un concepto unidimensional, es un sistema conceptual complejo con definiciones diferentes para cada área de conocimiento. Así que resulta necesario no solo reconocer la tipología de suelos, sino también proceder al análisis sistemático de suelos *in situ*, en la medida que permite aproximarse a las características físicas, químicas y biológicas para determinar usos viables del mismo y el manejo o gestión adecuado para mitigar las acciones antrópicas o el deterioro natural.

El punto de partida es la lectura de la literatura, que permite identificar algunas dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje sobre tópicos de geología. En primera instancia está el hecho de la rigurosidad del lenguaje y la necesidad de una aproximación conceptual y disciplinar seria; en segundo lugar, que desde el currículo suele abordarse este concepto de manera lineal, imposibilitando las relaciones conceptuales. En el caso de Colombia se presentan unos cuantos estándares curriculares en el nivel tres (sexto y séptimo grado) desarticulados de la estructura curricular general y de los objetivos de enseñanza de las Ciencias Naturales. Adicional a esto, en algunos casos a los docentes les cuesta acceder a enfoques educativos innovadores o a una enseñanza que se acerque a los intereses y ámbito cotidiano de los alumnos (Banet, 2007[1]; Cañas y Martín-Díaz, 2010[2]; Izquierdo, 1996[3]).

Por tanto, para desarrollar adecuadamente la competencia científica es necesario replantearse dos ámbitos fundamentales y propios de la didáctica específica «qué se enseña» y «cómo se enseña» (Pedrinaci, 2008)[4] y, sobre todo, la trascendencia de este conocimiento para la toma de decisiones bien fundadas y responsables. En este caso, a partir del planteamiento de una estrategia de enseñanza y aprendizaje un tanto diferente a las tradicionales, en términos de enfoques vivenciales, prácticos, reflexivos y colaborativos se pretende llevar al alumnado a proponer alternativas de gestión enmarcadas en los principios de sustentabilidad.

## CONSIDERACIONES CONCEPTUALES

Lo primero que hay que considerar es la definición de *sistema*, ya que será la puerta de entrada a la comprensión de las principales dificultades y potencialidades en la enseñanza del suelo como sistema comple-

---

[1] BANET, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (1), 5-20.

[2] CAÑAS, A. y MARTÍN-DÍAZ, M. (2010). ¿Puede la competencia científica acercar la ciencia a los intereses del alumnado? *Alambique*, 66, 80-87.

[3] IZQUIERDO, M. (1996). Reflexiones sobre el lenguaje científico: algunos ejemplos de Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra,* 4 (3), 167-171.

[4] PEDRINACI, E. (2008). ¿Tiene sentido una materia como las ciencias para el mundo contemporáneo? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16 (1), 9-16.

jo. Según Bunge (1999[5], 1980[6]) un sistema es un todo cuyas partes o componentes están relacionados de tal modo que el objeto se comporta como una unidad y no como un mero conjunto de elementos; así que, cada uno de los componentes de un sistema concreto influye sobre algunos otros componentes. Desde la perspectiva de este autor, se considera sistema si cumple en primera instancia con que tiene leyes propias en cuanto a totalidad; además, su comportamiento cambia apreciablemente cuando se quita uno de sus componentes o se reemplaza por otro de clase diferente. Por su parte, Spedding (1979)[7] considera que un sistema es un grupo de componentes que pueden funcionar recíprocamente para lograr un propósito común, que, además, tienen la capacidad de reaccionar juntos al ser estimulados por influencias externas.

Así mismo, la teoría general de sistemas afirma que las propiedades de los sistemas no pueden describirse significativamente en términos de sus elementos separados. La comprensión de los sistemas solo ocurre cuando se estudian globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus partes. Bertalanffy (1981)[8] fue el primer expositor de dicha teoría, al buscar una metodología integradora para el tratamiento de problemas científicos; con ello no se pretendía solucionar problemas o intentar soluciones prácticas, sino producir teorías y formulaciones conceptuales que puedan crear condiciones de aplicación en la realidad empírica.

En consecuencia, Bertalanffy (1981) es considerado el padre de la teoría de sistemas y entre sus planteamientos aclara que la ciencia clásica procuraba aislar los elementos del universo observado (compuestos químicos, enzimas, células, sensaciones elementales, individuos en libre competencia), con la esperanza de que volviéndolos a juntar, conceptual o experimentalmente, resultaría el sistema o totalidad (célula, mente, sociedad). Pero, en la actualidad, es aceptado que para comprender no se requieren solo los elementos, sino las relaciones entre ellos como, por ejemplo, la interacción enzimática en una célula, el juego de muchos procesos mentales conscientes e inconscientes, la estructura y dinámica de los sistemas sociales, entre otros ejemplos. La teoría general de los sistemas es la exploración científica de «todos» y «totalidades» que no hace tanto se consideraban nociones metafísicas que salían de las lindes de la ciencia (Bertalanffy, 1981).

Así, los componentes de la realidad se explican como partes de sistemas o como sistemas en sí mismos, estando todo en función de todo, de manera que cualquier ente no podrá ser visto de forma aislada, sino a través de su posición y de su función en la organización del conjunto. Además, el todo, de alguna manera, está inscrito en cada parte (a modo de holograma cada punto contiene la casi totalidad de la información del objeto que representa). En ese sentido, cualquier fenómeno podrá analizarse y entenderse teniendo en cuenta su ubicación en relación con el micro, meso y macrocosmos. En este caso, el suelo se puede considerar como un sistema abierto en la medida que interactúa constantemente con el ambiente en forma dual, o sea, lo influencia y es influenciado, como sistema abierto puede crecer, cambiar, adaptarse; en pocas palabras, evolucionar, y se caracteriza principalmente por la autoorganización e interdependencia.

Por su parte, los suelos son un sistema en sí mismos y también un elemento del macrosistema planetario que se está formando continuamente como resultado de una serie de procesos físicos y químicos. Así que es necesario:

> «considerar el suelo como un cuerpo natural involucrado en interacciones dinámicas con la atmósfera que está encima y con los estratos que están debajo, que influye el clima y el ciclo

[5] Bunge, M. *(1980). Epistemología.* Barcelona, Ariel.

[6] Bunge, M. (1999). *Diccionario de filosofía.* México, Siglo xxi.

[7] Spedding, C. (1979). An Introduction to Agricultural Systems. Chapter 5, Economic Efficiency in Agriculture. *Applied Science Publishers,* England. pp. 61-70.

[8] Bertalanffy, L. (1981). *Teoría general de los sistemas*. México, Fondo de Cultura Económica.

hidrológico del planeta y que sirve como medio de crecimiento para una variada comunidad de organismos vivos. Además, él juega un papel ambiental preponderante como reactor bio-físico-químico que descompone materiales de desecho y recicla dentro de él nutrientes para la regeneración continua de la vida en la Tierra» (Hillel, 1998)[9].

## METODOLOGÍA

Este estudio es de naturaleza cualitativa, a partir del diseño de una Investigación Acción, que posibilita el abordaje de problemas cotidianos y mejorar las prácticas educativas. En relación con este enfoque, Elliot (1991)[10] considera a la Investigación Acción como estudio de una situación con miras a mejorar la calidad de la acción dentro de ella. Por otro lado, Stringer (2008)[11] reconoce que cumple tres fases como se muestra en la *figura 1*: observar, pensar y actuar, con iteraciones constantes.

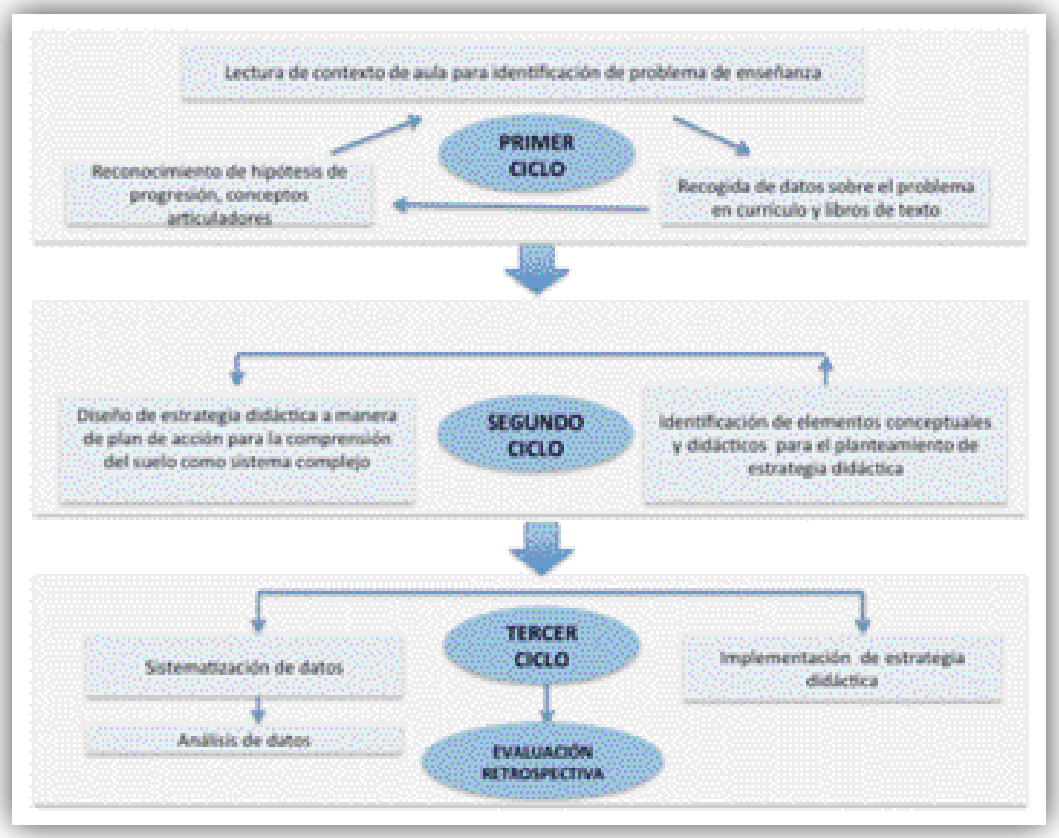



*Figura 1*. Adaptación del procedimiento metodológico de Investigación Acción (Stringer, 2008).

La estrategia didáctica como se describe en la *figura 1* se diseña en el segundo ciclo y se aplica en el tercero para responder el problema evidenciado en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la geología, además, de la lectura del currículo colombiano para la Educación Secundaria y Media, análisis de libros de texto y sobre todo preconcepciones de los estudiantes con respecto al suelo. De tal manera que el plan de acción es el siguiente:

---

[9] HILLEL, D. (1998). *Environmental soil physics*. San Diego, Academic Press.

[10] ELLIOT, J. (1991). Estudio del currículum escolar a través de la investigación interna. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado*, (10), 45-68.

[11] STRINGER, E. (2008). *Action research in education*. New Jersey, Pearson Prentice Hall.

| 1. Exploración de preconcepciones sobre el suelo | 2. Introducción de nuevos conceptos |
|---|---|
| Triangulación sobre el suelo: entre las diferentes concepciones de suelo que tienen los alumnos, las definiciones de carácter no científico (campesinos, grupos indígenas) y las referenciadas por las Ciencias Sociales y Naturales. | Edición y presentación de videografía (profesor) sobre los procesos de formación y evolución del suelo, tipología, perfiles y horizontes.<br>Estudio del contexto por parte de los alumnos utilizando diferentes herramientas telemáticas. |
| **3. Salida de campo** | **4. Caracterización colectiva de una muestra de suelo** |
| Previo: construcción de diagrama de flujo por parte del alumnado para la descripción del proceso que se llevará a cabo durante la salida.<br>En campo se procede a la caracterización cualitativa de la zona, identificación de talud, recolección de muestras de cada horizonte, análisis *in situ* y registro fotográfico. | Trabajo de laboratorio para análisis físico de las muestras y algunos análisis químicos.<br>Socialización de los hallazgos y construcción colectiva de la matriz (*tabla 2*).<br>Conclusiones y evaluación de la estrategia didáctica. |

*Tabla 1*. Fases de la estrategia didáctica como plan de acción.

El plan de acción descrito en la *tabla 1*, se llevó a cabo con 32 alumnos de Bachillerato encaminados a la formación técnica en el área de la gestión ambiental. Durante el proceso se realizó un análisis cualitativo de textos como bitácoras pedagógicas y matrices de observación, además de los corpus textuales generados por la trascripción de audios durante las clases. También se analizaron registros de los alumnos, informes de salida de campo, de laboratorio y productos académicos generados en las socializaciones o puestas en común durante las clases.

Para el análisis cualitativo del contenido de los registros, se abordan las propuestas de autores como Holsti, O. (1968)[12], Stenhouse, L. (1984)[13] e incluso la Teoría Fundamentada de Strauss y Corbin (2002)[14], donde se le da relevancia y valor al discurso escrito y verbal de los involucrados en el proceso de enseñanza y aprendizaje (alumnos y profesor) a través de la lectura de los registros antes mencionados y procede a la segmentación de los textos y de atribuirle a cada segmento una etiqueta, nombre o código, para luego, a través del estudio y definición de los códigos, pasar del análisis textual a un análisis conceptual, identificando categorías de análisis.

## Resultados y discusión

### Triangulación conceptual inicial: el reto de contrastar concepciones

En primera instancia, se realiza el ejercicio de triangulación entre las diferentes concepciones de suelo que tienen los alumnos, las definiciones de carácter no científico (campesinos, grupos indígenas) y las referenciadas por las Ciencias Sociales y Naturales. Para finalmente, de manera colaborativa, generar la concepción de suelo acuñada para el desarrollo de la estrategia didáctica como resultado de los contrastes, aspectos en común o diferencias significativas.

De tal manera que se identifican una serie de categorías relacionadas con las concepciones, estas son nombradas y definidas al retomar algunas de las corrientes de pensamiento propuestas por Sauvé (2004)[15] y se procede a otorgarles un código: naturalista NAT, humanista HUM, conservacionista CON, problematizadora PRO, sustentabilidad SUS, sistémica SIS.

[12] Holsti, O.; Loombs, J. y North, R. (1968). *The handbook of social psychology.*

[13] Stenhouse, L. (1984). *Investigación y desarrollo del currículum.* Madrid, Morata.

[14] Strauss, A. y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Medellín: Universidad de Antioquia.

[15] Sauvé, L. (2004). *Una cartografía de corrientes en Educación Ambiental. A pesquisa em educação ambiental: cartografias de uma identidade narrativa em formação.* Porto Alegre, Artmed.

| I. Concepciones previas de los alumnos sobre el suelo | | |
|---|---|---|
| **Evidencia explícita** | | **Códigos** |
| El suelo es donde se sostiene todo: nuestra vida y la vida en general. | | NAT-HUM |
| Lo que nos brinda el alimento y donde se dan las cadenas tróficas. | | NAT-HUM |
| Donde vivimos, donde construimos nuestras casas, de donde se extraen materiales para diferentes industrias. | | HUM-SUS |
| Tiene diferentes formas (montañas, llanuras, valles…) que se han generado en millones de años. | | NAT |
| Todos los seres humanos dependemos del suelo, como del agua o del aire. | | HUM |
| Es el espacio que garantiza la supervivencia, obtenemos alimento, criamos animales también para el consumo humano y construimos nuestras casas. | | HUM-NAT-SUS |
| **II. Concepciones de suelo de carácter no científico** | | |
| **Culturas indígenas prehispánicas** | Suelo como sinónimo de tierra. En este sentido la tierra al ser considerada Santa Tierra igual que sus hijos, come, bebe, respira y descansa: es una madre llena de vida, pero para recibir su protección debían protegerla y para recibir un buen alimento debían alimentarla. | HUM-SUS-SIS |
| **Campesinos** | El suelo es vital, ya que el ser humano depende de él para la producción de alimentos, la crianza de animales, la plantación de árboles, la obtención de agua y de algunos recursos minerales, entre otras cosas. | HUM-PRO |
| **III. El suelo desde las Ciencias Naturales y Sociales** | | |
| **Biología** | Desde la biología el concepto de suelo está centrado en el sostén de la vida, donde fluyen, conviven y se transforman múltiples grupos de seres vivos como los *filum arthropoda*, *annelida* y *mollusca*. Así, el suelo se considera el componente básico de los ecosistemas donde ocurren permanentemente sucesos determinantes para las diferentes formas de vida y denominan al suelo como «el maravilloso teatro para la vida» (Chamorro, 1981)[16]. | NAT-SIS-SUS |
| **Ingeniería agrícola** | El suelo es el medio físico que soporta las plantas cultivadas y proporciona agua, aire y nutrientes, para que a través de la fotosíntesis, transformen la materia inerte en sustancias nutritivas que, acumuladas en los tejidos, forman constituyentes alimenticios para muchas especies de seres vivos. | NAT-HUM-SUS |
| **Ingeniería civil** | Son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, resultado de la alteración de las rocas, que son transportados por el agua, el hielo o el viento, intervenido por fuerzas como la gravedad. | NAT |
| **Geología** | El suelo es una mezcla de minerales, materia orgánica, seres vivos unicelulares, agua y aire. El suelo hace parte de la litosfera. | NAT |
| **Arquitectura** | El suelo es más valorado como espacio potencial para el desarrollo humano y el diseño del hábitat, de tal manera que el uso de este debería garantizar la adecuada distribución en pro de conformar estructuras urbanas. | NAT-HUM-PRO-CON |

[16] CHAMORRO, C. (1981). *Correlación entre poblaciones de lombrices de tierra y las características físico-químicas de tres suelos seleccionados de la sabana de Bogotá.* Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.

| | | |
|---|---|---|
| **Política y leyes** | La tierra y los recursos son posesiones y desde el modelo capitalista se reconocen como propiedad privada. De tal manera que la política de suelos debe tender a la asignación y distribución racional de los mismos a fin de obtener su uso óptimo, tanto en el orden urbano como en el industrial y rural (Pigretti, 1993)[17]. | HUM-PRO-CON |
| **IV. Concepción de suelo acuñada y acordada de manera colectiva** | | |
| De manera colectiva se reconstruye el concepto suelo como un tejido de constituyentes heterogéneos, inseparablemente asociados, presenta la paradoja entre los elementos, sus interrelaciones e interdependencia (seres vivos, agua, aire, minerales, energía). Sin duda, el suelo como sistema determinante para la formación y diversificación de la vida, pero, además, un sistema en evolución permanente, en movimiento. | | |

*Tabla 2.* Concepciones socializadas y trianguladas durante la fase exploratoria.

## Uso de las TIC para posibilitar la introducción de nuevos conceptos

La fase de introducción de nuevo conocimiento da cuenta del proceso de enseñanza dirigido por el docente, donde este interviene mediante la utilización de videografía (edición con la herramienta de i-Movie) para favorecer la comprensión de los procesos de formación y evolución de suelos, tipología, perfiles y horizontes; además, se utilizó la exposición de conceptos y relaciones a través de un mapa conceptual también diseñado mediante *software* (Cmap Tools) y posteriormente los alumnos utilizan herramientas disponibles en la web y de acceso gratuito (Google Maps y Street view) para georreferenciar el contexto cercano y caracterizar en forma general los tipos de suelo dominantes, los usos tradicionales, la biota presente, problemáticas relevantes y retos de gestión.

Se destaca la pertinencia del uso de este tipo de herramientas para movilizar los procesos de enseñanza y aprendizaje, en primera instancia para el docente las TIC ofrecen la oportunidad de reorganizar los contenidos, de enriquecerse desde múltiples dominios disciplinares, de desarrollar sus competencias digitales, y para los alumnos es un mecanismo para despertar la motivación, abrir la escuela al mundo real, incluir nuevas consideraciones conceptuales en contraste con imágenes, animaciones, simulaciones y representaciones. Lo anterior fue contrastado con las reflexiones incluidas por los alumnos en sus bitácoras/portafolios y las observaciones registradas por el docente en su diario de campo. Ahora, el proceso de auto y coevaluación fortaleció el uso eficaz del tiempo, el registro sistemático de información y la comunicación asertiva de resultados.

## Salida de campo: actitudes, procedimiento y hallazgos

Con la salida de campo se pretendía desarrollar habilidades para la lectura de contexto y aplicación del conocimiento científico. En relación con esta actividad es importante reconocer que:

> «Esta no puede considerarse una actividad aislada, sino que debe integrarse en un proceso de investigación más amplio que contemple otros tipos de recursos. Resulta evidente que el trabajo fuera del aula desempeña un importante papel especialmente desde la Educación Ambiental, no solo por ser una fuente inagotable de datos empíricos, sino también por permitir a las personas una vivencia más completa del medio, que va más allá de lo conceptual y que afecta al ámbito de las actitudes, los valores y los afectos» (García, 2004)[18].

La preparación y disposición para la salida de campo parte de la configuración de subgrupos de trabajo con el fin de favorecer la colaboración, optimizar el tiempo y llevar a cabo adecuados registros; de tal

[17] Pigretti, E. (1993). *Derecho ambiental.* Buenos Aíres: Ediciones Depalma.

[18] García, J. (2004). Los contenidos de la educación ambiental: Una reflexión desde la perspectiva de la complejidad. *Investigación En La Escuela*, (53), 31-52.

manera que, a través de la construcción de diagramas de flujo, los alumnos organizaron los objetivos de la salida, la descripción del procedimiento, el reconocimiento de los materiales para los análisis *in situ* y recolección de muestras, la ubicación geográfica de la zona y el acercamiento a los aspectos geomorfológicos, es decir, el estudio detallado de las formas de la superficie terrestre para comprender su evaluación y dinámicas.

Además del ejercicio de seleccionar la zona de muestreo, llevar a cabo recolección de muestras de diferentes horizontes, realizar mediciones de pH *in situ*, observar la biota presente, se destaca el registro y la sistematización tanto escrita como fotográfica de los hallazgos expuestos en la *tabla 3* y en la *figura 2* en relación con cada uno de los horizontes a partir de propiedades como la estructura, permeabilidad, textura y consistencia, apoyados en los análisis de laboratorio posteriores, además de referentes teóricos.

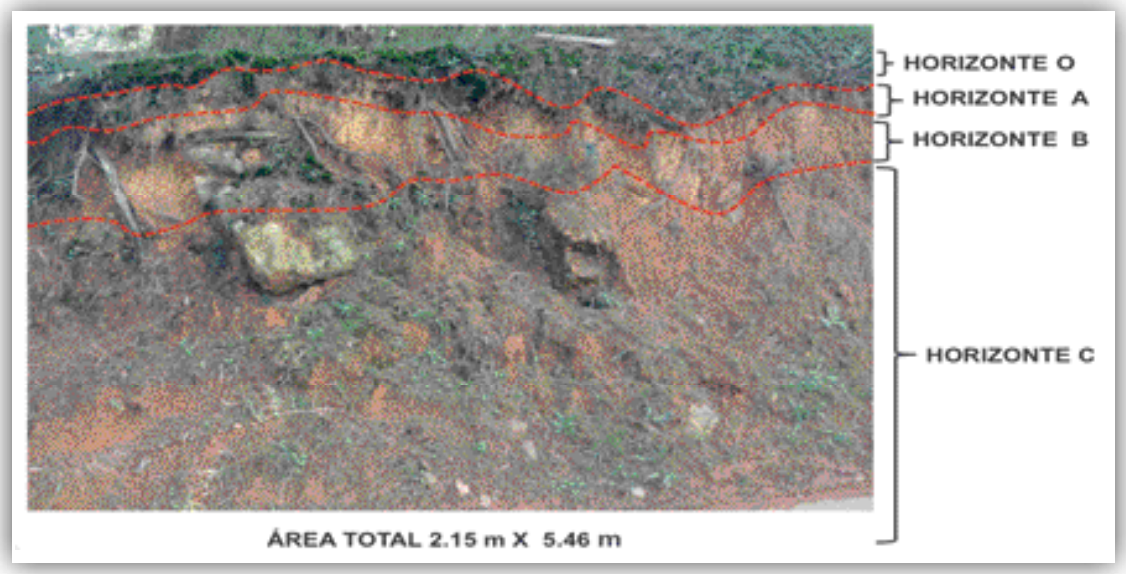



*Figura 2.* Registro fotográfico de horizontes del suelo seleccionado para el muestreo.

| Características | Horizonte O | Horizonte A | Horizonte B | Horizonte C |
|---|---|---|---|---|
| **Profundidad (cm)** | 5 | 20 | 50 | 145 |
| **Código de color según Tabla Munsell** | Cubierta verde | 7.5YR 5/6 marrón fuerte | 5Y 6/4 amarillo pálido | 2.5YR 3/6 rojo oscuro con algunas manchas negras |
| **Estructura** | | Granular | Prismática | Aglomerado/sin estructura definida |
| **Permeabilidad** | | De lenta permeabilidad/con capacidad de filtración | De lenta permeabilidad/con capacidad de filtración | Alta absorción |
| **Textura** | | Franco limoso | Limoso arcilloso | Arcilloso |
| **Consistencia** | | Poco consistente, no adherente | Poco consistente, medianamente húmedo en parte interna, poco adherente | Bastante consistente, húmedo en parte interna, adherente, plástico |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Observaciones** | Biota presente: musgos (indicador de humedad superficial de suelos), pasto incipiente, algunas especies herbáceas, insectos, arácnidos | Se presume contenido de humus. Se presenta abundante cantidad de raíces primarias y secundarias. No se observan anélidos | Exterior seco posiblemente por exposición al sol y al aire; interior medianamente húmedo | Posible contenido de oxido de hierro y manganeso. Presenta manchas oscuras negras y verdosas |

*Tabla 3.* Caracterización cualitativa del perfil de suelo planteado por el colectivo de alumnos.

Así que, de manera grupal, se articuló el trabajo para presentar la caracterización cualitativa de suelos más profunda e integradora. Además, resultó bastante valiosa la motivación y disposición de los alumnos al aprendizaje a través del encuentro con el otro, de la confrontación con el conocimiento científico y de su propia efectividad y autorregulación.

En consecuencia, el trabajo descrito anteriormente, favoreció la conceptualización y simbolización de los estudiantes sobre la muestra de suelo analizada; algunos de los aspectos reconocidos fueron los siguientes: «el material parental se observa fragmentado o meteorizado, con rocas de medio tamaño dispersas, que pueden ser relacionadas con la construcción de la vía secundaria/carretera rural asociada a la muestra», «En la muestra se observan raíces primarias y secundarias, sin embargo, estas no actúan como fijadoras del terreno, ya que el desmoronamiento es constante». Por estas razones, además de la pronunciada pendiente, y la posibilidad de erosión futura, los alumnos recomendaban la implementación de cercas vivas con especies endémicas.

Adicionalmente, los grupos de trabajo consideraron que el suelo referenciado tiene una historia geológica a partir de su vocación inicial como suelo de bosque húmedo tropical y posteriormente para uso agrícola (plátano, café); sin embargo, en la actualidad esta zona es usada como zona verde o resguardo paisajístico, lo cual puede desencadenar alteraciones de los ritmos hídricos, lavado o pérdida de nutrientes, procesos erosivos acelerados, movimientos de masas.

## Conclusiones

Es necesario el diálogo de saberes (tales como la geología, ingeniería, biología, química, física) para favorecer la comprensión del suelo como derecho, como hábitat, como nicho, en últimas como sistema complejo, que es el resultado de procesos evolutivos y para el caso del uso intensivo con variaciones en su vocación (agrícola, pecuaria, forestal, paisajística).

Los trabajos de campo parten de la recontextualización del conocimiento y son el primer paso para que los alumnos contrasten sus concepciones o cosmovisiones y a la luz del conocimiento transdisciplinar planteen soluciones a problemas reales. Finalmente, es importante referirse a la motivación, ya que se jalona la participación, el desarrollo de competencias y se dinamizan los procesos de enseñanza y aprendizaje.

# Investigaciones sobre ecología vegetal realizadas por alumnos del IES Maestro Matías Bravo

Carlos J. Martín-Blanco, Sofía Martín Nieto

*IES Maestro Matías Bravo. Avda. Mar Egeo, s/n*
biología.mmb@gmail.com

**Palabras clave:** Biología, vocación, ciencias, investigación, Bachillerato.

**Keywords:** Biology, vocation, science, research, A levels.

**Resumen**

En las últimas décadas, el interés de los alumnos por realizar estudios superiores en las ramas científicas ha decrecido paulatinamente. Algunos estudios han tratado de cuantificar esta *crisis de vocaciones* y encontrar sus principales factores.

Coincidimos con algunos autores en que un factor importante es la especial dedicación a los contenidos conceptuales y no a las competencias. Aunque los currículos oficiales de nuestro país plasman su importancia en los textos legislativos, la práctica (con aulas totalmente saturadas) dista mucho de convertir en realidad lo reflejado en las leyes. Los estudios de Bachillerato Internacional que llevamos desarrollando desde hace más de una década materializan estos cambios. No se trata solo de realizar trabajos prácticos siguiendo una receta, sino planear y desarrollar proyectos de investigación con un grado de dificultad ajustado a estos alumnos.

En los últimos ocho años hemos desarrollado diversas líneas de investigación, entre ellas una de ecología vegetal que mostramos en este trabajo. Las investigaciones realizadas van encaminadas a la formación de los alumnos como investigadores más que a su formación en contenidos biológicos. Con ellas los alumnos se familiarizan en el manejo de la bibliografía, utilización de herramientas estadísticas (pruebas de independencia, ANOVA, análisis multivariante), utilización de paquetes informáticos, preparación de muestras vegetales para su estudio posterior, identificación de plantas vasculares, etc.

**Abstract**

During last decades student's interest to follow science studies has felt little by little. Some papers have tried to quantify these attitudes and to find their main factors.

We agree some authors that a serious factor is the special dedication to conceptual contents and not to skills. Although public curricula reflect its importance in our country's laws, practice (with crowded classrooms) is very different. The International Baccalaureate extended essays we have developed for

more than a decade get join concepts and skills. Our practical tasks haven't made following only a recipe but planning and managing research projects with a level of difficulty fitted to the students.

We have developed several lines of research including plant ecology which is showed in this paper. Developed investigations tried to instruct students as researchers more than to teach biological topics. Students learn how to manage bibliography, how to use statistics as a research tool, how to use software, how to prepare plant simples for further studies, how to identify flowering plants…

## INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo pasado son numerosos los autores que han llamado la atención por el desinterés de los alumnos de Secundaria por el estudio de las ciencias, tanto en nuestro país (Solbes *et al*., 2007[1]; Vázquez y Manassero, 1995[2]) como fuera de nuestras fronteras (Osborne y *et al.,* 2003[3]; Ramsden, 1998[4]). Esta preocupación se ha extendido a las instituciones y autoridades (Gago, 2004[5]).

Esta actitud negativa depende de diversos factores entre los que destacan:

- La edad: los alumnos desarrollan esta *fobia* en el tránsito de la Educación Primaria a la Secundaria (Pell & Jarvis, 2001[6]).
- El sexo: las mujeres tienden a tener una actitud más negativa hacia el estudio de las ciencias como consecuencia de estereotipos sociales (Baird y Penna, 1997[7]).
- La cultura: en Europa, la actitud es más negativa en países anglosajones (Hendley *et al.,* 1996[8]).

Entre los principales motivos que llevan al desinterés de los alumnos se han apuntado, entre otros, la fragmentación de las asignaturas (Speering y Rennie, 1996[9]), la falta de trabajo práctico y la enseñanza orientada a la superación de exámenes (Murphy y Beggs, 2006[10]).

La situación en España no parece ser distinta. En la *figura 1* mostramos la evolución del alumnado de Bachillerato que cursa las opciones científicas y de humanidades y ciencias sociales en España. En el gráfico se puede apreciar cómo los diversos sistemas educativos durante la democracia han vivido este descenso en el porcentaje de alumnos que deciden seguir carreras científicas.

---

[1] SOLBES, J.; MONTSERRAT, R. y FURIÓ, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21: 91-117.

[2] VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3): 274-292.

[3] OSBORNE, J.; SIMON, S. y COLLINS, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *Int. J. Sci. Educ*., 25(9): 1049-1079.

[4] RAMSDEN, J. M. (1998). Mission impossible?: Can anything be done about attitudes to science? *Int. J. Sci. Educ*.,25(4): 509-536.

[5] GAGO, J. M. (2004). *Europe needs more scientists. Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe*. [en línea] disponible en https://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/final_en.pdf , [consultado el 02/03/2016].

[6] PELL, T. y JARVIS, T. (2001). Developing attitude to science scales for use with children of ages from five to eleven years. *Int. J. Sci. Educ*., 23(8): 847-862.

[7] BAIRD, J. R. y PENNA, C. (1997). Perceptions of challenge in science learning. *Int. J. Sci. Educ*., 19(10): 1195-1209.

[8] HENDLEY, D.; STABLES, S. y STABLES, A. (1996). Pupils'subject preferentes at Key Stage 3 in South Wales. *Educ. Stud.,* 22: 177-187.

[9] SPEERING, W. y RENNIE, L. (1996). Students'perceptions about science: The impact of transition from primary to secondary school. *Research in Sci. Educ*., 26(3): 283-298.

[10] MURPHY, C. y BEGGS, J. (2006). Children perceptions of school science. Issues and concerns. *School Sci. Rev*., 84(308): 109-116.

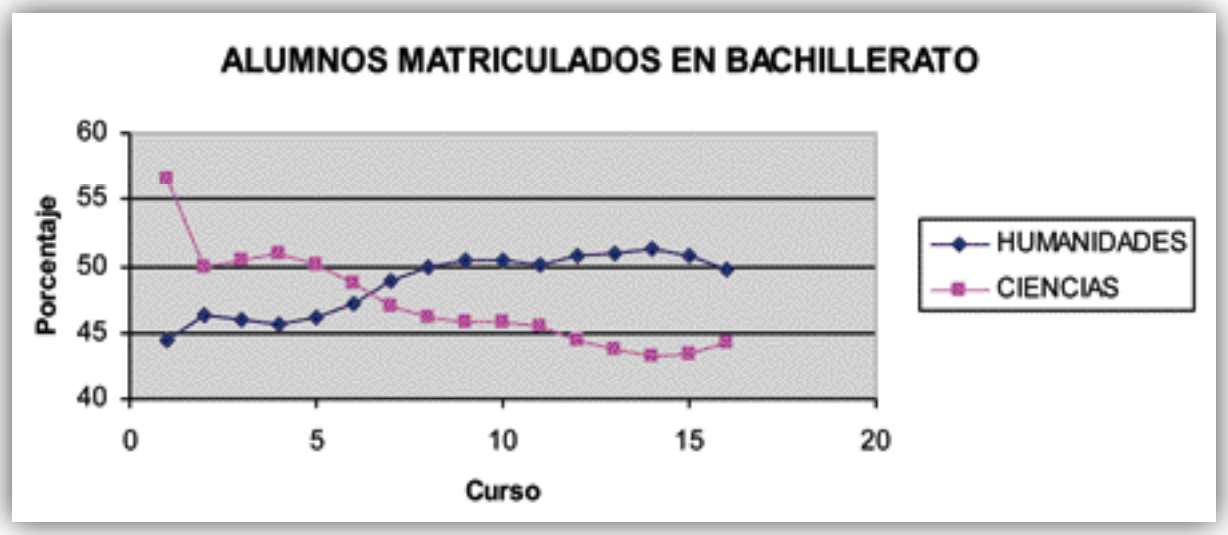



*Figura 1.* Evolución del porcentaje de alumnos de Bachillerato matriculados en las opciones científicas y humanísticas desde el curso 1996/97 (Fuente: MECD, 2016[11]. Elaboración propia).

## Las monografías

La organización curricular del Programa del Diploma de Bachillerato Internacional (OBI, 2014[12]) contribuye, a nuestro juicio, a mantener vivo el interés por las ciencias a través de una metodología en la que el desarrollo de capacidades prima sobre la memorización de conceptos. Un aspecto especialmente importante de este programa es la realización de una investigación original plasmada en un informe de unas 4000 palabras (OBI, 2007[13]).

Desde el curso 2007/08 el Programa del Diploma de Bachillerato Internacional se imparte en el IES Maestro Matías Bravo (Valdemoro, Madrid). En este tiempo en el departamento de Biología y Geología hemos desarrollado (Martín-Blanco y Martín Nieto, 2013[14]) diversas líneas de investigación con nuestros alumnos: taxonomía vegetal, microbiología (Martín-Blanco y Martín Nieto, 2015[15]), biotecnología y ciencia de los alimentos (Martín Nieto y Martín-Blanco, 2016)[16] , medioambiente y ecología vegetal. En este trabajo queremos dar cuenta de las investigaciones realizadas por nuestros alumnos en esta última línea.

## Vegetación de los cerros de la laguna de San Juan (Chinchón)

Los cerros yesíferos aledaños a la laguna de San Juan son representativos de la vegetación que se desarrolla sobre este tipo de sustratos en el SE de la provincia de Madrid. Es una vegetación dominada por

[11] MECD. (2016). *Anuario estadístico. Las cifras de la educación en España*, [en línea], disponible en: http://www.mecd.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/estadisticas/educacion/indicadores-publicaciones-sintesis/cifras-educacion-espana.html [consultado el 03/05/2016].

[12] OBI. (2014). *Guía de Biología. Organización del Bachillerato Internacional*. Cardiff. 197 pp.

[13] OBI. (2007). *Programa del Diploma. Guía de la monografía. Organización del Bachillerato Internacional*. Cardiff. 204 pp.

[14] Martín Blanco, C. J. y Martín Nieto, S. (2013). La monografía en el Bachillerato Internacional como experiencia docente. *Actas II Congreso de Docentes de Ciencias: Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato*: 301-307.

[15] Martín Blanco, C. J. y Martín Nieto, S. (2015) Las levaduras: de modelo científico a modelo pedagógico. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. Aula, Museos y Colecciones*, 2: 145-149.

[16] Martín Nieto, S. y Martín Blanco, C. J. (2016). Proyectos biotecnológicos en el IES Maestro Matías Bravo (Valdemoro, Madrid). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Aula, museos y colecciones naturales,* 3 (en línea).

el esparto (*Stipa tenacissima*) de apariencia bastante homogénea. Para comprobar si realmente existe tal homogeneidad se realizaron 11 inventarios botánicos dispersos al azar en la ladera de uno de estos cerros para comparar sus composiciones florísticas. Además, en cada inventario se tomó una muestra de suelo para medir su pH, humedad y contenido relativo de nitrógeno. En total se identificaron 46 taxones.

Para comparar los inventarios y estimar su similitud florística se calculó el índice de Jaccard y se realizó un test $\chi^2$ por pares de inventarios para determinar la significación estadística de sus diferencias. Este índice ya había sido utilizado anteriormente en trabajos similares (Santamaría *et al.,* 2008[17]). Una vez comprobada la existencia de diferencias entre inventarios se trató de evaluar su grado de similitud. Esto se consiguió mediante la realización de un análisis de agrupamientos (*Cluster Analysis*). Este tipo de tratamiento estadístico se ha utilizado en estudios de vegetación con mucha asiduidad (Ferrandis *et al.*, 2005[18]).



*Figura 2.* Imagen primaveral de la Laguna de San Juan. A la derecha, los cerros estudiados.

Los resultados obtenidos en el test $\chi^2$ permitieron asegurar que buena parte de los pares de inventarios comparados presentaban diferencias florísticas significativas. Además, el análisis de agrupamientos permitió caracterizar tres facies en la estructura del espartal estudiado: la típica que se extiende por la mayor parte de la ladera, una facies con presencia destacada del endemismo *Reseda suffruticosa* que se desarrolla en las zonas de mayor pendiente y, finalmente, una facies enriquecida en plantas nitrófilas de amplia distribución.

Este tipo de trabajo permite al alumno desarrollar capacidades científicas muy importantes como la planificación de un muestreo, identificación de taxones vegetales y utilización de herramientas estadísticas para inferir conclusiones acerca de los datos obtenidos. Este tipo de técnicas formalmente son muy complejas para el nivel de Bachillerato, pero su manejo mediante el *software* disponible es plenamente factible, incluso la interpretación de los resultados de los test está guiada en el paquete utilizado.

---

[17] SANTAMARÍA, C.; MARTÍN-BLANCO, C. J. y CARRASCO, M. A. (2008). *Estudio florístico de cinco volcanes representativos de la región volcánica del Campo de Calatrava.* Instituto Estudios Manchegos. Monografías.

[18] FERRANDIS, P.; HERRANZ, J. M. y COPETE, M. A. (2005). Caracterización florística y edáfica de las estepas yesosas de Castilla-La Mancha. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.,* 14(2): 195-216.

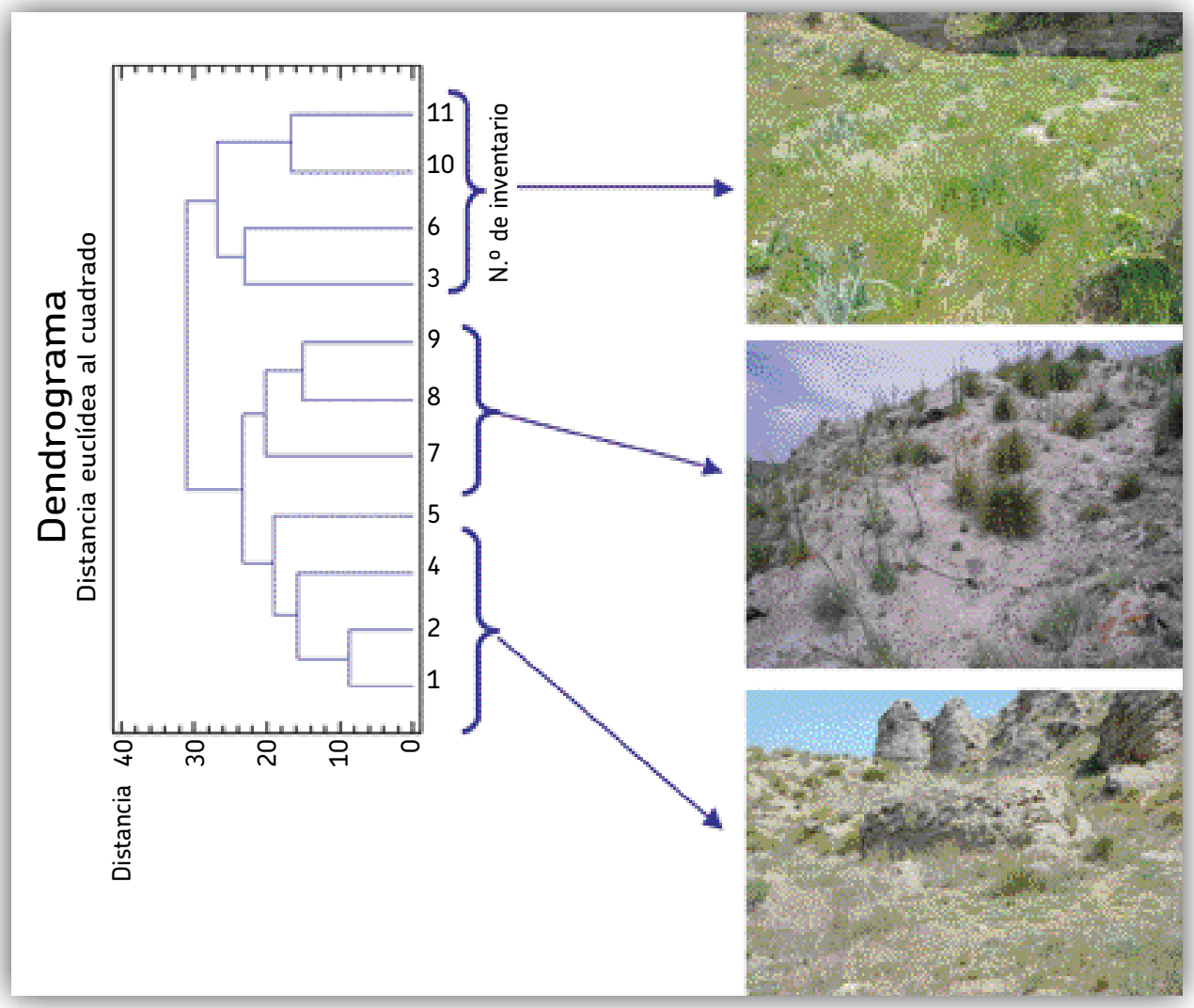



*Figura 3.* Dendrograma obtenido en el análisis de agrupamientos. Permite reconocer tres facies diferentes del espartal sobre estos cerros yesíferos. La facies típica correspondería a los inventarios 1, 2, 4 y 5 (fotografía inferior). Los inventarios 7, 8 y 9 representarían una facies dominada por *Reseda suffruticosa*, desarrollada en zonas de pendiente más pronunciada (fotografía central), incluso formando extraplomos. El resto de inventarios (fotografía superior) están enriquecidos en especies nitrófilas.

## Comparación de dos pinares de *Pinus halepensis* en Valdemoro

En este otro caso se compararon dos pinares de la localidad de Valdemoro separados por tan solo 2 km (*figura 4*). Dado que se trata de pinares de repoblación antigua, se espera que el acompañamiento florístico que se ha desarrollado sea homogéneo.

En los dos pinares se definieron *a priori* tres bandas de vegetación fisionómicamente diferentes. Mediante la prueba $\chi^2$ se compararon por parejas los inventarios de cada banda para probar si había homogeneidad dentro de las bandas. La misma prueba se utilizó para evaluar si había diferencias entre las bandas y entre los pinares. Esta prueba estadística se ajusta bien al nivel académico de los alumnos; de hecho, es parte de los contenidos de la asignatura de Biología en el Bachillerato Internacional (Clegg, 2015[19]). Se levantaron 30 inventarios (*figura 5*) en los que se reunieron 70 taxones en total.

[19] CLEGG, C. J. (2015). Biología. Barcelona. Editorial Vicens Vives, p.188.




*Figura 4.* Situación de los pinares de *Pinus halepensis* estudiados.

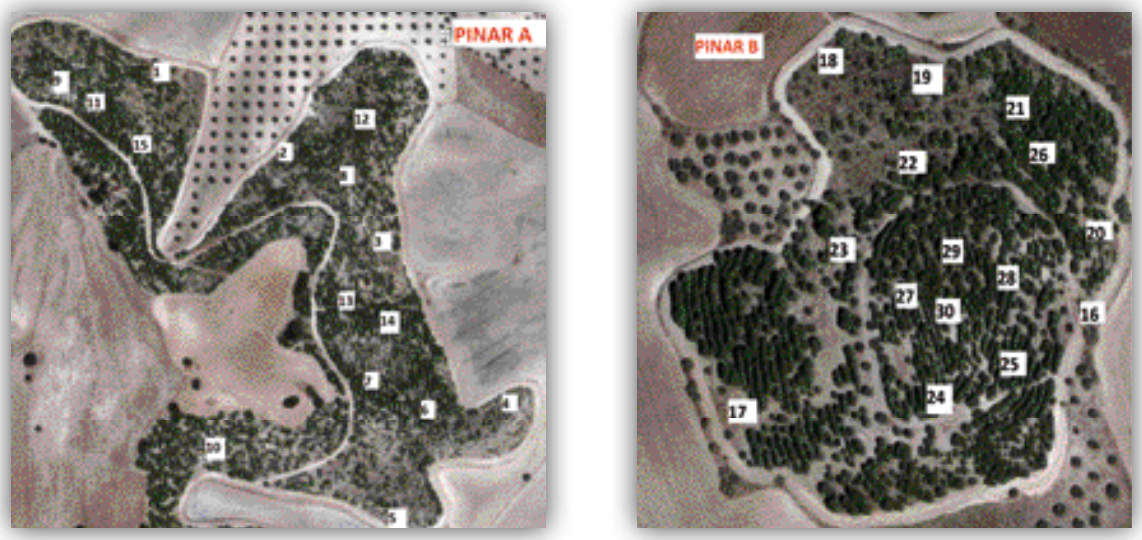



*Figura 5.* Distribución de los 30 inventarios en los dos pinares estudiados.

Los inventarios de cada banda (salvo excepciones) mostraron ser homogéneos en la prueba $\chi^2$. En las comparaciones entre pinares, las diferencias fueron estadísticamente significativas en todos los casos. Estos resultados demostraron por una parte que el patrón de disposición de la vegetación en bandas definido *a priori* está avalado estadísticamente. Por otra parte, los resultados nos indican que la composición florística acompañante de los dos pinares no es la misma, aunque se trate de pinares muy próximos y creciendo en condiciones ecológicas equivalentes.

Para completar las comparaciones se realizaron diversos espectros de biotipos, de autoecología y corológicos. Estas representaciones han sido utilizadas para comparar catálogos florísticos más extensos (García Camacho *et al.,* 2004[20]; Martín Blanco y Carrasco, 1998[21]). Esta metodología resulta muy sencilla

[20] GARCÍA-CAMACHO, R.; SANTAMARÍA, C.; MARTÍN-BLANCO, C. J. y CARRASCO, M. A. (2004). Análisis de la flora vascular de los volcanes del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España). *Anales Jard. Bot. Madrid* 61(2): 209-220.

[21] MARTÍN BLANCO, C. J. y CARRASCO, M. A. (1998). *Flora vascular del sector meridional de Montes Norte (Ciudad Real*). Ciudad Real. Instituto Estudios Manchegos. Monografías.

de entender y aplicar por los alumnos, puesto que tan solo tienen que buscar en la bibliografía los datos pertinentes para clasificar en diferentes tipos los taxones identificados. Posteriormente se representan en forma de diagrama de sectores y es fácilmente interpretable por los jóvenes científicos. Estos espectros permiten encontrar diferencias en la estructura, ecología o influencia corológica que caracteriza la comunidad.

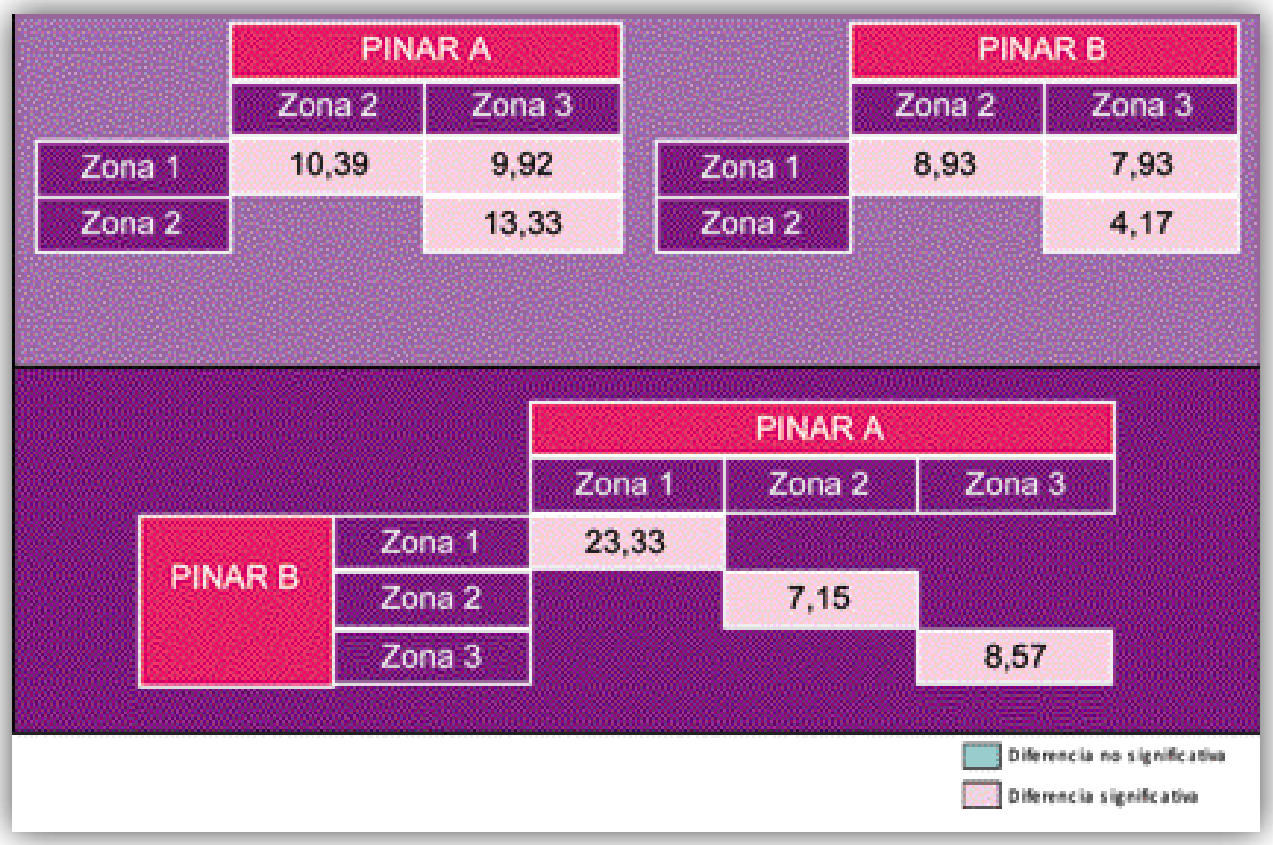



*Figura 6.* Resultados de las pruebas de homogeneidad realizadas. Los números indican el valor del estadístico $\chi^2$ calculado que, en todos los casos, resultó indicar diferencias significativas.

## ADAPTACIONES ECOFISIOLÓGICAS EN ESPECIES DEL PARQUE BOLITAS DEL AIRÓN (VALDEMORO)

Este trabajo tiene un sesgo más fisiológico, pero sigue enfocándose a la ecología. La idea de relacionar la fisiología como causa de las adaptaciones ecológicas de los vegetales no es nueva (Walter, 1973[22]). El estudio se realizó en una de las mejores representaciones de *Eleagnus angustifolia* asilvestrado en la Comunidad de Madrid (Castilla Lattke y Blanco Castro, 2007[23]). En este paraje, el nivel freático está muy próximo a la superficie y condiciona una vegetación higrófila dominada por diversos juncos y gramíneas. En la periferia esta vegetación entra en contacto con comunidades vegetales muy diferentes, xerófilas, adaptadas al macroclima del lugar. Estos ecotonos resultan llamativamente manifiestos, especialmente en el verano (*figura 7*).

[22] WALTER, H. (1973). *Vegetation of the Earth in relation to climate and ecophysiological conditions.* Berlín, Springer-Verlag.

[23] CASTILLA LATTKE, F. y BLANCO CASTRO, E. (2007). *Más de 100 árboles madrileños.* Madrid. Ediciones La Librería.




*Figura 7.* A la izquierda, mapa de situación del Parque Bolitas del Airón. A la derecha, imagen estival de los contactos ecotónicos entre las zonas higrófilas y xerófilas del parque. En esta imagen se pueden ver algunos ejemplares de *Eleagnus angustifolia* que tan famoso han hecho a este lugar.

El objetivo de la investigación fue estudiar las adaptaciones en algunas de las especies de la zona higrófila y de la zona xerófila. Los procesos elegidos para el estudio fueron la transpiración y el metabolismo.

La transpiración está directamente relacionada con la presión de los fluidos en los vasos conductores de las plantas, tal como establece la teoría de tensión-cohesión que data de finales del siglo XIX gracias a los trabajos de Böhm, Dixon y Joly y Askenasy (Barceló *et al.*, 1987[24]). Pudimos estimar la presión de succión ejercida por una muestra en un tubo de goma mediante la utilización de un sensor de presión conectado a un ordenador.

La actividad del metabolismo se estimó utilizando un sensor de $CO_2$. El recipiente en el que se hicieron las medidas se cubrió con papel de aluminio para evitar el efecto de la fotosíntesis, de modo que el $CO_2$ medido es el resultante de la respiración.

En las determinaciones de transpiración y actividad metabólica se utilizaron 12 muestras de cada especie. Las especies seleccionadas en la zona hidrófila fueron *Dittrichia viscosa, Alcea hirsuta, Ulmus minor* y *Eleagnus angustifolia*. Las representantes de la zona xerófila fueron *Retama sphaerocarpa, Salsola vermiculata, Gypsophila struthium* y *Limonium toletanum*.

Se puso especial interés en el tratamiento estadístico de los datos (*figura 8*). Como el número de repeticiones no era suficientemente grande, no se puede tener certeza, aplicando el teorema central del límite, de que las variables se distribuyan normalmente, por lo que hay que probar primero si nuestras variables se pueden ajustar a una distribución normal. Si se ajustan a dicha distribución, entonces podemos realizar un ANOVA para comparar las medias, siempre y cuando podamos asumir que las varianzas son iguales (homocedasticidad). Cuando las dos premisas del ANOVA (normalidad y homocedasticidad) no se cumplan, habrá que recurrir a un test no paramétrico, como el test de Kruskal-Wallis, para comparar las medianas (Daniel, 1993[25]).

Los resultados mostraron ciertas diferencias entre los dos grupos de plantas, si bien en algunas de las especies las diferencias no eran estadísticamente significativas. Algunas presentan comportamientos que se solapan (*figura 9*).

---

[24] BARCELÓ, J.; NICOLÁS, G.; SABATER, B. y SÁNCHEZ TAMÉS, R. (1987). *Fisiología vegetal*. 4.ª ed. Madrid. Ediciones Pirámide.

[25] DANIEL, W. W. (1993). *Bioestadística. Bases para el análisis de las ciencias de la salud*. 3.ª ed. México. Editorial Limusa.

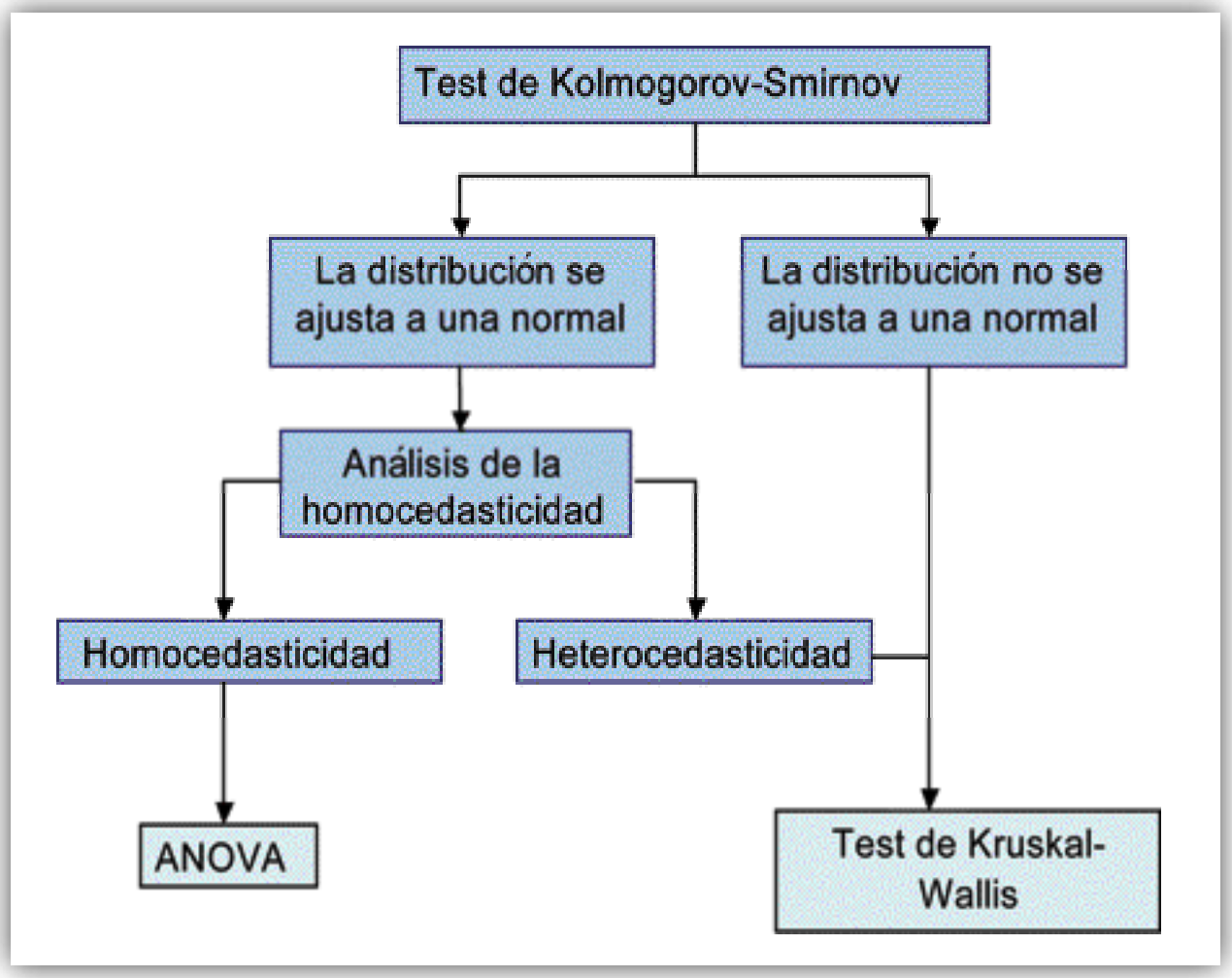



*Figura 8.* Diagrama de flujo que representa la organización del estudio estadístico realizado.

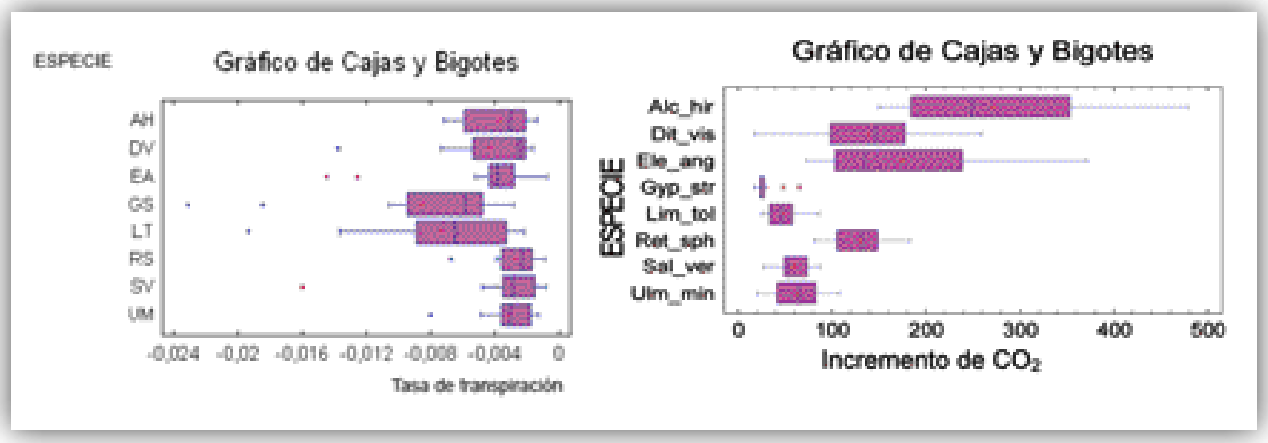



*Figura 9.* Diagramas de cajas y bigotes que representan la variación de la transpiración (izquierda) y la actividad metabólica (derecha). La transpiración resultó muy homogénea en las especies estudiadas, solo destacan con una transpiración más alta dos especies especialistas de los suelos yesíferos: *Gypsophila struthium* y *Limonium toletanum*. El metabolismo más activo parece ser el de las especies que viven en la zona higrófila, destacando (de mayor a menor) *Alcea hirsuta, Dittrichia viscosa, Eleagnus angustifolia* y *Retama sphaerocarpa*.

## CONCLUSIONES

Los trabajos prácticos en la Educación Secundaria tienen un gran interés motivador para los alumnos (Barberá y Valdés, 1996[26]). Sin embargo, para que este tipo de trabajos tenga una incidencia real en la formación de los alumnos y el desarrollo de sus vocaciones, debe ser algo más que seguir una simple receta. Los trabajos deben convertirse en un aprendizaje mediante la investigación (De Jong, 2006[27]). Trabajos de investigación como la monografía que realizan los alumnos de Bachillerato Internacional creemos que son un buen punto de partida para que los alumnos desarrollen su interés por la actividad científica. Para garantizar su prosperidad, el mundo necesita jóvenes capacitados y con entusiasmo por la ciencia (Jong *et al*., 2014[28]).

El interés de estos trabajos no reside solo en los aspectos motivacionales, sino también en los académicos. Los alumnos tienen que interiorizar y poner en práctica el método científico. Tienen que programar y temporalizar toda una serie de tareas encaminadas a resolver una pregunta de investigación: búsquedas bibliográficas, diseño de experimentos, muestreos, etc. Durante todo el proceso tienen que evaluar sus resultados y rediseñar partes de su trabajo para resolver los problemas con los que se van encontrando.

Finalmente, tienen que integrar en sus trabajos las herramientas y el lenguaje matemático para dar sentido a sus argumentos y avalar sus conclusiones. En este aspecto destaca el uso de las nuevas tecnologías de la información para la elaboración de hojas de cálculo para procesar sus datos y paquetes estadísticos para analizarlos. La utilización de estos soportes permite que los alumnos puedan emplear técnicas estadísticas complejas que, de otro modo, no podrían asumir.

---

[26] BARBERÁ, O. y VALDÉS, P. (2006). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñ. de las Cienc.,* 14(3): 365-379.

[27] DE JONG, T. (2006). Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312: 532-533.

[28] DE JONG, T.; SOTIRIOU, S. y GILLET, D. (2014). Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments,* 1: 3.

# Investigaciones medioambientales realizadas por alumnos del IES Maestro Matías Bravo

Sofía Martín Nieto, Carlos J. Martín Blanco

*IES Maestro Matías Bravo. Avda. Mar Egeo, s/n*
biologia.mmb@gmail.com

**Palabras clave:** Medio ambiente, Bachillerato, investigación, método científico, huella ecológica.

**Keywords:** Environment, baccalaureate, research, scientific method, carbon footprint.

**Resumen**

Nuestra sociedad demanda una adecuada formación medioambiental para comprender los problemas cotidianos. El currículo debe atender este tipo de contenidos en la formación de la Educación Secundaria. El Programa del Diploma diseñado por el Bachillerato Internacional incluye una asignatura específica llamada Sistemas Ambientales y Sociedades. Esta materia es cursada por alumnos de la rama de Ciencias Sociales que han perdido el contacto con la ciencia dos cursos antes. En la última década, nuestros alumnos han realizado actividades de campo y de laboratorio, como análisis químicos y biológicos de aguas, estimación de poblaciones usando el índice de Simpson, etc. Estas actividades desarrollan sus habilidades prácticas y de análisis. Además, algunos alumnos han realizado su trabajo monográfico sobre temas medioambientales. Algunos de esos trabajos se muestran en este artículo.

**Abstract**

Our society demands a suitable environmental literacy to understand daily problems. Curricula should pay attention to that kind of topics in secondary students' instruction. The Diploma Programme designed by the International Baccalaureate includes a specific subject called *Environmental Systems and Societies*. This matter is addressed to non-science students which usually have lost contact with science for two years. Last decade our students have developed some field and lab activities such as chemical and biological water analysis, estimation of population using Simpson's Index, etc. These activities develop hands-on and analysis skills. Moreover some students make their extended essay about environmental topics. Some of these researches are shown in this paper.

## INTRODUCCIÓN

Son diversos los estudios realizados sobre la percepción de los problemas ambientales por los alumnos de Secundaria (Agrasso y Jiménez, 2003[1]) y su evolución tras impartirse los contenidos de un curso académico, tanto en los niveles de Secundaria como en Bachillerato (Jaén y Barbudo, 2010[2]). En este último no se observan cambios significativos al finalizar el curso académico, lo que parece indicar que la enseñanza formal no incide en general y de forma patente en las creencias y actitudes de los alumnos hacia el medio ambiente, sobre todo en cuanto al papel humano en la conservación y respeto hacia el entorno.

En diversos estudios se ha señalado la importancia de la alfabetización y divulgación científica en la formación no solo de los futuros científicos, sino de todos los ciudadanos (Solbes *et al.*, 2007[3]). En este sentido juzgamos de sumo interés el papel de los estudios medioambientales en el contexto educativo actual. La implantación de la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE) supuso un fuerte espaldarazo en esta área, con la irrupción de una nueva asignatura de Bachillerato: Ciencias de la Tierra y del Medioambiente. Las sucesivas reformas educativas han mantenido su estatus entre las asignaturas optativas en los institutos. Sin embargo, la última reforma educativa (LOMCE) ha relegado a un papel secundario esta asignatura.

En este estudio queremos poner de manifiesto la importancia de estos contenidos dentro del marco concreto del Bachillerato Internacional, donde se imparte la asignatura denominada Sistemas Ambientales y Sociedades. Se trata de una asignatura optativa que cursan todos los alumnos de la modalidad Ciencias Sociales. Esta materia permite poner de nuevo en contacto con la ciencia a alumnos que han podido distanciarse de ella desde 3.º de ESO.

Si un objetivo fundamental de los estudios medioambientales es dotar a los alumnos de los conocimientos y destrezas que les ayuden a resolver y prevenir problemas derivados de la actividad humana, parece que el desarrollo de contenidos exclusivamente teóricos no sensibiliza (Jaén y Barbudo, 2010) y sí lo posibilita el desarrollo de actividades prácticas (Franco-Mariscal, 2014[4]). Nosotros también consideramos que estas actividades complementan los contenidos teóricos y son de vital importancia para alcanzar el objetivo que nos proponemos al abordar esta asignatura, proporcionar un cuerpo de conocimientos, metodologías y habilidades que puedan usarse en el análisis de problemas ambientales a un nivel local y global (OBI, 2008[5]).

Durante una década, los alumnos que cursan esta asignatura han realizado actividades de campo y laboratorio que plasman en informes formales y que abordan temas diversos: análisis físico-químicos de aguas; determinación de macroinvertebrados acuáticos; cálculo del índice de biodiversidad de Simpson o análisis de texturas, pH y nutrientes del suelo, entre otros. Estas actividades permiten que todos los alumnos desarrollen habilidades y métodos de análisis, pero algunos de ellos han querido ir más allá y han realizado su trabajo de investigación monográfico (Martín Blanco y Martín Nieto, 2013[6]), sobre temas

---

[1] AGRASSO, M. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2003). Percepción de los problemas ambientales por el alumnado: los recursos naturales. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 17, 91-105.

[2] JAÉN, M. y BARBUDO, P. (2010). Evolución de las percepciones medioambientales de los alumnos de Educación Secundaria en un curso académico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7, 247-259.

[3] SOLBES, J., MONTSERRAT, R. y FURIÓ, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21: 91-117.

[4] FRANCO-MARISCAL, A. J. (2014). Un estudio exploratorio de una experiencia medioambiental: la escalera del instituto, un espacio para la educación ambiental. *Revista Facultad Ciencia y Tecnología Bogotá*, 35, 13-37.

[5] OBI. (2008). *Programa del Diploma. Guía de Sistemas Ambientales y Sociedades. Organización del Bachillerato Internacional.* Cardiff. 82 pp.

[6] MARTÍN BLANCO, C. J. y MARTÍN NIETO, S. (2013). La monografía en el Bachillerato Internacional como experiencia docente. *Actas II Congreso de Docentes de Ciencias: Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato*: 301-307.

medioambientales de la realidad próxima. Vamos a mostrar dos de las investigaciones medioambientales realizadas por los alumnos de nuestro centro que pueden servir de ejemplo para la realización de otras abordables individualmente por alumnos de Bachillerato o, en grupo, por alumnos de Secundaria.

### Cálculo de la huella ecológica del IES Maestro Matías Bravo. «Buscando un centro educativo más sostenible»

La huella ecológica se ha utilizado con fines didácticos anteriormente tanto en nuestro país (García y Castro, M. D. 2011[7]) como fuera de él.

Nuestra investigación surgió de la inquietud por obtener datos reales sobre el impacto ambiental producido por la actividad diaria en el centro educativo, que permitiría sensibilizar a sus integrantes del consumo de recursos naturales y, por tanto, de la disminución de la capacidad del planeta para proporcionar bienes y servicios en el futuro.

Para llevar a cabo la investigación se consideró que la metodología idónea era el cálculo de la huella ecológica definida como el área de territorio ecológicamente productivo, cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos, necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida, con un nivel de vida específico indefinidamente (Ress y Wackermagel, 1996[8]).

Para realizar el cálculo deberían tenerse en cuenta las actividades docentes, el desplazamiento al centro educativo, el consumo de recursos o la generación de residuos, lo que llevó a plantear los objetivos de la investigación:

- Identificar las variables que contribuyen a la huella de $CO_2$, derivadas de las actividades realizadas por la comunidad educativa del MMB.
- A partir de la huella de $CO_2$, calcular la huella ecológica del centro educativo, para que el resultado se perciba con mayor espíritu crítico y sirva para concienciar a toda la comunidad educativa de los problemas derivados de nuestras actividades.
- El resultado obtenido del cálculo de la huella ecológica será convertido a la unidad universal para el área productiva (hag), que normaliza las diferencias entre ecosistemas marítimos y terrestres.

El centro educativo es un sistema integrado en el entorno en el que se localizan entradas asociadas al consumo de recursos naturales, como pueden ser el agua, el papel o los combustibles fósiles y, como salidas, las emisiones de $CO_2$. Para determinar estas emisiones se consideraron las variables que se muestran:

- Energía eléctrica.
- Energía calorífica (gas natural).
- Agua.
- Movilidad.
- Papel.

Para calcular las emisiones de $CO_2$, a partir del consumo de recursos naturales, se debe aplicar un factor de emisión, obtenido de diversas fuentes (Endesa, S. A., Canal de Isabel II, etc.). Cabe resaltar que la aplicación de los factores de emisión se debe a la existencia de seis gases de efecto invernadero ($CO_2$, $CH_4$, $N_2O$, HCF, PFC y $SF_6$), reconocidos por el Protocolo de Kioto como principales causantes de este

[7] García, A. y Castro, M. D. (2011). La huella ecológica: ¿cuántos planetas necesitas para vivir? *Actas I Congreso de Docentes de Ciencias: Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato*: 223-229.

[8] Ress, W. y Wackermagel, M. (1996). Our ecological footprint. Reducing human impact on Earth. *Canadá: New Society Publisher*.

efecto. Sin embargo, para homogeneizar los efectos de cada uno de estos gases, se ha creado una unidad de medida que es la tonelada de $CO_2$ equivalente (WWF, 2006[9]), unidad que se utilizará para realizar los cálculos de la huella ecológica.

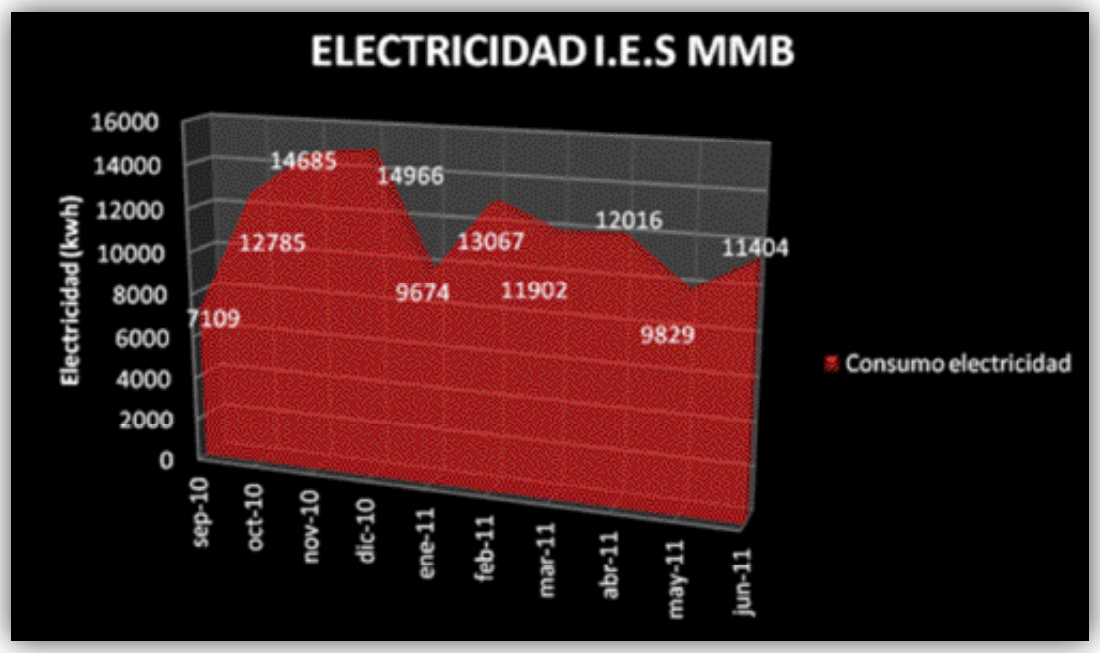



*Figura 1.* Evolución del consumo de electricidad, curso académico 2010/11 (Fuente: Datos contables del IES Maestro Matías Bravo).

La aplicación de los factores de emisión se ha llevado a cabo directamente a partir de los consumos del centro (facturas de agua, electricidad, gas natural y consumo de papel) y también de forma indirecta para los datos extraídos de una encuesta *on-line* elaborada para obtener datos de movilidad del personal docente, no docente y alumnos, así como del consumo personal de papel.

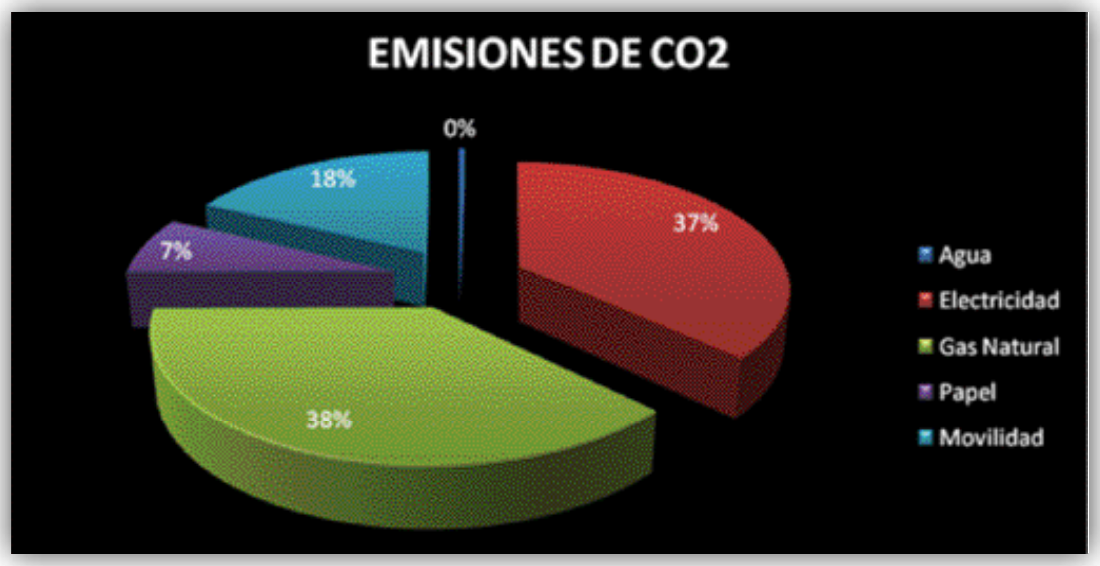



*Figura 2.* Emisiones de $CO_2$ del IES Maestro Matías Bravo, en curso académico 2010/11, en función del consumo de recursos.

[9] WWF. Informe Planeta Vivo 2006.

El estudio calcula el área de bosque necesaria para absorber el $CO_2$ producido por el consumo de recursos, que se obtiene de la división entre emisiones de $CO_2$ a la atmósfera y la capacidad de fijación de la masa forestal madrileña.

La capacidad de fijación media de carbono para un terreno forestal madrileño se estima en 5,28 t $CO_2$/ha/año, traducido a fijación de $CO_2$.

Finalmente, para calcular la huella ecológica, tras obtener todos los resultados, se aplicará la siguiente fórmula:

$$\text{Huella (ha/año)} = \frac{\text{Emisiones (t } CO_2\text{)}}{\text{Capacidad de Fijación (t } CO_2\text{/ha/año)}}$$

Al resultado obtenido de la fórmula se aplicará un factor de equivalencia, que traduce un tipo específico de terreno en la unidad universal para el área productiva (hag) y se define como una hectárea con la capacidad mundial promedio de producir recursos y absorber residuos. Tiene como objetivo normalizar las diferencias entre productividad marítima y terrestre.

Como conclusión se obtuvo que la huella ecológica del centro es de 23,566 y 31,578 hag, es decir, el instituto necesita 23,57 ha de bosque madrileño para asimilar las emisiones de $CO_2$ que emitió en el curso académico 2010/11.

Pese a que la investigación fue exhaustiva en cuanto al método, hay que señalar ciertas limitaciones, como la no consideración de las emisiones derivadas de la eliminación de residuos generados por el centro, por falta de datos, o la no inclusión de los medios de transporte utilizados para el desarrollo de actividades extraescolares o intercambios escolares.

### Estudio comparativo de contaminantes atmosféricos de tres municipios de la Comunidad de Madrid (Valdemoro, Torrejón de Ardoz y Collado Villalba).

Diversos estudios muestran la percepción que los estudiantes de Secundaria tienen de los riesgos asociados a la contaminación atmosférica. Uno de ellos pone de manifiesto cómo el entorno se percibe como menos contaminado que otras áreas próximas (Catalán-Vázquez *et al.*, 2009[10]). Otros muestran las actitudes de los alumnos frente al hecho de la contaminación atmosférica, una vez consultados los datos de emisión de gases a la atmósfera de su ciudad y otras de su región (García Carmona, 2005[11]).

En esta investigación se planteaba trabajar con datos reales y manejarlos estadísticamente para responder a la pregunta de si el municipio donde se encuentra localizado el centro educativo, Valdemoro (sur de la Comunidad), presentaba una mayor contaminación que otras dos localidades de la Comunidad de Madrid, de similar población y distinta localización.




*Figura 3.* Localización de los tres municipios estudiados en la Comunidad de Madrid.

[10] Catalán-Vázquez, M.; Rojas-Rodríguez, H.; Jarillo-Soto, E. C.; Delgadillo Gutiérrez, H. J. (2009). Percepción del riesgo a la salud por contaminación del aire en adolescentes en Ciudad de México. *Salud Pública México. Vol. 51 (2) 148-154.*

[11] García Carmona, A. (2005). Relaciones CTS en el estudio de la contaminación atmosférica: una experiencia con estudiantes de Secundaria. *Revista Electrónica de la Enseñanza de las Ciencias.* Vol. 4 (n.º 2).

La metodología requería, en primer lugar, la elección de otros dos municipios, que fueron Torrejón de Ardoz, al este y Collado Villalba, al noroeste. En segundo lugar fue necesaria la elección de los contaminantes del estudio en función de las actividades desarrolladas (uso doméstico y transporte principalmente) y la relación con el *smog* fotoquímico predominante en nuestra Comunidad.

Los datos fueron obtenidos de la página web de la Comunidad de Madrid[12] para el periodo de septiembre 2011 a agosto 2012. Los contaminantes seleccionados fueron monóxido y dióxido de nitrógeno (NO y $NO_2$), el ozono ($O_3$) y las partículas en suspensión de 2,5 y 10 $\mu g/m^3$, además de los datos de temperatura y radiación solar para el mismo periodo.

Se obtuvieron gráficas para cada contaminante, temperatura y radiación incidente, de los tres municipios. Posteriormente se elaboraron gráficas comparativas para el periodo anual y se realizó un estudio estadístico de todas las variables atendiendo a la media, desviación típica y varianza, que también fueron representadas gráficamente.

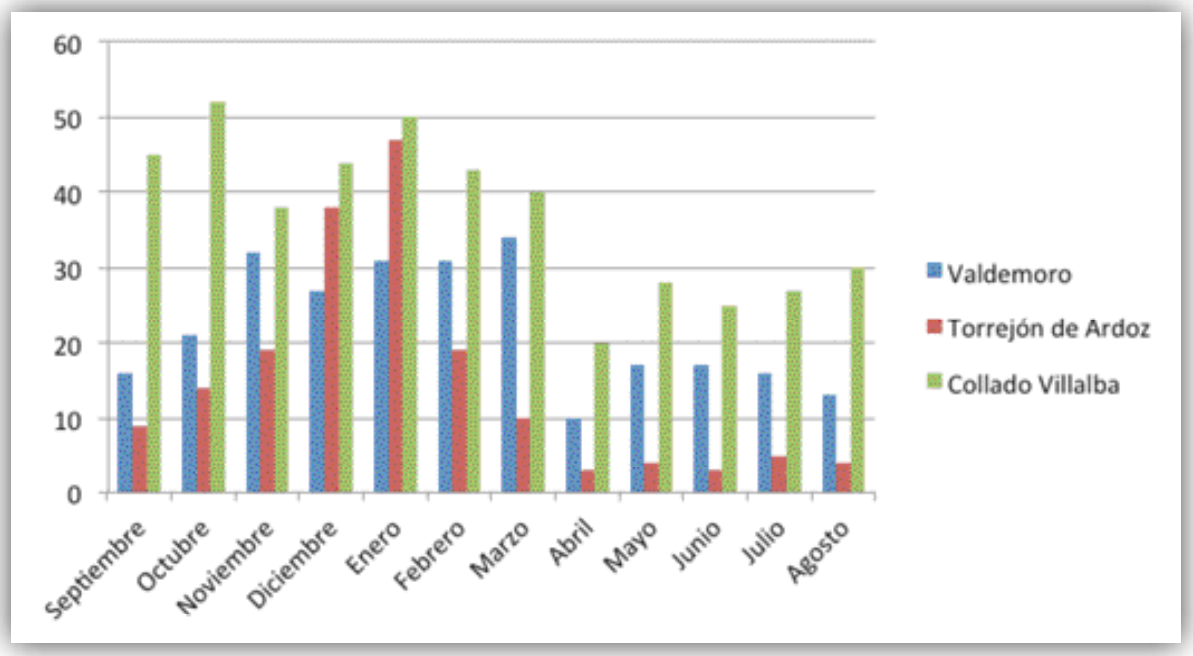



*Figura 4.* Representación de los valores de dióxido de nitrógeno ($NO_2$) de las tres localidades de estudio, de septiembre de 2011 a agosto de 2012. En el eje vertical aparecen representados los valores en $\mu g/m^3$ y en el eje horizontal los meses del año del estudio.

Por otro lado se buscó información de las posibles fuentes de contaminación puntual y no puntual de los tres municipios y se localizaron, mediante imágenes aéreas, las estaciones de muestreo de la calidad del aire, por si ello podría incidir en los datos suministrados por las mismas.

El estudio confirmó la importancia de la radiación solar en el *smog* fotoquímico y concluyó que el municipio con valores más elevados para todos los contaminantes estudiados era Collado Villalba. Este resultado sorprende inicialmente dada su localización más próxima a la sierra de Guadarrama, pero que puede ser explicada por la localización de la estación de la calidad del aire cercana a una calle transitada, la proximidad a la autovía A-6, el excesivo uso de vehículo privado por el predominio de viviendas unifamiliares o el mayor consumo de combustible para calefacción por las bajas temperaturas.

[12] D. G. DE EVALUACIÓN AMBIENTAL / CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (CAM). Red de la calidad del Aire-Área de Calidad Atmosférica (en línea) disponible en http://gestiona.madrid.org/azulinternet/html/web/InformAnalizadoresAccion.icm?ESTADOMENU=212




*Figura 5.* Representación de la media de dióxido de nitrógeno ($NO_2$) emitido en el año de estudio por las tres localidades. En el eje vertical aparecen representados los valores en $\mu g/m^3$.

## Conclusiones

Estos trabajos de investigación han conseguido aproximar a los alumnos a un problema ambiental concreto de su entorno próximo, del que son partícipes como causantes, ya que contribuyen en mayor o menor medida a la generación del problema pero también como agentes de posibles cambios de actitud, lo que desarrolla su espíritu crítico.

Estas investigaciones permiten adquirir, a través de la indagación, destrezas como la aplicación del método científico, que exige definir una pregunta de investigación concreta, secuenciar de forma precisa los pasos a seguir, ser riguroso en la búsqueda de fuentes de información, así como procesar adecuadamente los datos y exponer, de forma clara, los resultados mediante gráficas o tablas. La cuantificación del problema abordado también permite su tratamiento estadístico, que pone en valor las conclusiones alcanzadas.

Las investigaciones realizadas contribuyen a la denominada alfabetización científica de alumnos que no van a dedicar su carrera académica y profesional a la ciencia, pero que posiblemente lo hagan en los campos de la gestión o la administración, donde las destrezas adquiridas en la investigación científica, así como la sensibilidad desarrollada hacia los problemas medioambientales repercutirán muy favorablemente en sus responsabilidades, en un escenario donde estos problemas adquirirán una mayor relevancia.

La experiencia desarrollada durante los últimos diez años que hemos impartido la asignatura de Sistemas Ambientales y Sociedades nos permite afirmar que tanto estas investigaciones como las actividades prácticas y de campo que realizan todos los alumnos que cursan Bachillerato Internacional, de la modalidad de Ciencias Sociales, contribuyen de forma muy significativa a su formación y les permitirán enfrentarse con mayor éxito a futuros retos.

# Estudio sobre la aplicación de los conocimientos de ciencia a los productos de belleza

Mamen Martín Ortiz, Ángel Ezquerra Martínez, Julia María Gutiérrez Seijas

*Facultad de Educación - Centro de Formación del Profesorado, Universidad Complutense.*
*C/ Rector Royo Villanova, s/n, Ciudad Universitaria - 28040 Madrid*
mariacam@quim.ucm.es

**Palabras clave:** Proceso de compra, alfabetización científica, formación de la ciudadanía, productos de higiene personal.

**Keywords:** Buying process, scientific literacy, citizenship education, personal hygiene products.

**Resumen**

En este trabajo se analizan las entrevistas llevadas a cabo a doce alumnos, desde 1.º ESO hasta 2.º Bachillerato, sobre cómo es comprendida la ciencia que aparece en los productos de belleza. Con este estudio pretendemos determinar si los conocimientos de ciencia y tecnología adquiridos en el aula se aplican a la hora de tomar una decisión en algo tan cotidiano como son los procesos de compra. Además, se exponen las líneas básicas de una propuesta didáctica para trabajar los contenidos científicos que aparecen en el etiquetado de los productos de higiene personal. Los resultados indican que los contenidos científicos enseñados en clase requieren una mayor conexión con los conocimientos que la ciudadanía necesita. Asimismo, consideramos que la presencia de contenidos científicos en los procesos de compra debe ser considerada como uno de los referentes a utilizar para determinar cómo conseguir una correcta alfabetización científica de los ciudadanos.

**Abstract**

This paper presents an interview about how science in various personal hygiene products' label is understood by twelve students, ranging from Secondary to High School Education. The aim of this study is to determinate whether students are capable of applying the acquired scientific and technological knowledge to their daily routine, such as decision making processes for buying basic products. The results show that a stronger connection with the acquired scientific and technological knowledge is required in order for the students to make these decisions properly/judiciously. In order to achieve the required scientific literacy, the presence of scientific contents involved in the buying processes must be considered.

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

En nuestra vida diaria, el contacto con la ciencia es muy habitual[1]. Podemos encontrar ciencia en numerosos escenarios como la publicidad[2], la participación política y cívica[3], los procesos de compra[4], las series y programas de televisión[5, 6], en las noticias de impacto mediático[7], en los espacios meteorológicos[8] o en las secciones de ciencia de la prensa escrita[9].

Sin embargo, no existe un consenso claro que nos permita afirmar qué conocimientos debe tener una persona para estar científicamente alfabetizada[10]. Dicho de otro modo, no disponemos de un plan estructurado para conseguir que la ciudadanía adquiera una alfabetización científica suficiente para poder ser críticos con los contenidos sociocientíficos a los que son expuestos[11, 12, 13].

Basándonos en lo expuesto anteriormente, un objetivo en la investigación educativa debería ser llegar a determinar cuáles son los conocimientos científicos que debe tener un ciudadano. Sin embargo, la cantidad de escenarios y situaciones existentes, que implican un amplísimo conjunto de posibilidades, nos hacen fragmentar esta ambiciosa meta en proyectos más accesibles.

Por otra parte, varios autores[14, 15] señalan que existe una gran desconexión entre el trabajo de clase y el día a día de los alumnos.

---

[1] EZQUERRA, A.; FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, B. y MAGAÑA RAMOS, M. (2015). Verdad, mentira…, verdad, mentira…, enséñame a decidir. *Alambique*, 81, pp. 9-16.

[2] EZQUERRA, A. y FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, B. (2014). Análisis del contenido científico de la publicidad en la prensa escrita. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(3), pp. 275-289.

[3] EZQUERRA, A.; FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, B. y MAGAÑA, M. (2015). Qué contenidos científicos proponen los partidos políticos y su repercusión en la alfabetización científica de la ciudadanía. Estudio sobre el tópico «energía». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias,* 12(3), pp. 491-507.

[4] EZQUERRA, A. y MAGAÑA, M. (2016). A comprar comida… ¿con los apuntes de clase? *Alambique*, 84 (en prensa).

[5] GARCÍA BORRÁS, F. J. (2008). House: otra forma de acercar el trabajo científico a nuestros alumnos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), pp. 212-228.

[6] EZQUERRA, A. y POLO, A. M. (2010). Una exploración sobre la televisión y la ciencia que ve el alumnado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), pp. 684-703.

[7] ESTEBAN, S. y PÉREZ-ESTEBAN, J. (2012). Estudiando el fenómeno de la radiactividad a través de noticias de prensa: el caso del espía ruso envenenado. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), pp. 294-306.

[8] EZQUERRA, A. y PRO, A. (2006). Posibles usos didácticos de los espacios meteorológicos de la televisión. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), pp. 114-135.

[9] JARMAN, R. y MCCLUNE, B. (2007). *Developing scientific literacy. Using news media in the classroom.* Maidenhead, McGraw-Hill International.

[10] MARCO-STIEFEL, B. (2007). *Las fronteras de la Ciencia: formación ciudadana en Secundaria*. Madrid, Narcea Ediciones.

[11] PRO, A. y EZQUERRA, A. (2004). La enseñanza de la física: problemas clásicos que necesitan respuestas innovadoras. *Alambique*, 41, pp. 54-67.

[12] GUISASOLA, J.; SOLBES, J.; BARRAGUES, J.; MORENO, A. y MORENTÍN, M. (2007). Comprensión de los estudiantes de la teoría especial de la relatividad y diseño de una visita guiada a un museo de ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), pp. 2-20.

[13] VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), pp. 247-271.

[14] SOLBES, J. y VILCHES, A. (2002). Visiones de los estudiantes de Secundaria acerca de las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), pp. 80-91.

[15] DUGGAN, S. y GOTT, R. (2002). What short of science education do we really need? *International Journal of Science Education*, 24(7), pp. 661-679.

Así, en este trabajo se plantea analizar un aspecto de este complejo puzle; en concreto, cómo interacciona el alumnado de Secundaria con la ciencia que rodea al proceso de compra de los productos de belleza. De este modo, podremos hacernos una idea sobre cómo es comprendida la ciencia que aparece en el entorno del alumnado y el modo en que los conocimientos adquiridos a nivel escolar se aplican con criterio a la hora de tomar una decisión en algo tan cotidiano como son los procesos de compra.

## Metodología

Para llevar a cabo estos objetivos, elaboramos una entrevista semiestructurada sobre cómo es comprendida la información científica que aparece en las etiquetas de determinados productos de belleza y la aplicamos a doce alumnos desde 1.º ESO hasta el último curso de Bachillerato.

La elaboración de la entrevista semiestructurada se centró en analizar cómo el alumnado interpreta los diferentes términos científicos presentes en las etiquetas de estos productos. Las preguntas, por tanto, estaban relacionadas con los conceptos que aparecían en cada etiqueta. Así, para un champú anticaída, preguntamos: ¿qué quiere decir que este producto sea hipoalergénico?, ¿por qué en este champú aparecen tantas vitaminas?, ¿qué papel juegan?, ¿qué significado tienen las gráficas?

La segunda etiqueta pertenece a un gel que indica la ausencia de determinados productos que pueden ser considerados perjudiciales para nuestra salud. Además, en el reverso del envase se hace alusión al medio ambiente. Las preguntas indagaban sobre estas cuestiones.

Finalmente, etiqueta tres, encontramos un gel que aludía a términos como antioxidante, vitaminas y pH que deberían movilizar estos conocimientos en los alumnos: ¿cuál es la función que desempeña la vitamina C?, ¿cuál crees que es la función de un antioxidante?, ¿qué es el pH?…

## Resultados y discusión

Obviamente es posible agrupar los datos extraídos de las entrevistas de múltiples modos. Aquí, vamos a proceder a discutir las respuestas en relación con el curso académico, analizando los términos utilizados en los envases y, también, en función de las respuestas interpretativas que expone el alumnado entrevistado.

### En relación con el curso académico

En esta discusión vamos a tratar de ver qué relación guardan las respuestas de los alumnos con el curso en que se encuentran. Así, la formulación de compuestos sencillos es un contenido incluido en el curso de 2.º ESO según el currículo de Secundaria de la Comunidad de Madrid. Por tanto, aunque los alumnos de este curso en adelante deberían saber formular el cloruro de sodio como NaCl, según nuestros datos esto no ocurre hasta que no llegamos a 4.º ESO. Sin embargo, todos los alumnos conocen el $CO_2$ y lo leen correctamente como dióxido de carbono. Tal vez esto es debido a que desde 1.º ESO empiezan a ver los gases en la atmósfera y sus efectos. De hecho, todos ellos indican que es un gas que se encuentra en la atmósfera.

Por otro lado, la formulación orgánica se empieza a ver en los cursos de Bachillerato, aunque para 4.º ESO se menciona como contenido en el Bloque 5 la «descripción de compuestos orgánicos más sencillos: hidrocarburos y su importancia como recursos energéticos. Alcoholes. Ácidos orgánicos». Sin embargo, según nuestros datos, solo los alumnos de Bachillerato saben formular el ácido benzoico correctamente (tres de cuatro alumnos) y ninguno de ellos sabe cuál es la estructura del fenoxietanol y solo son capaces de identificar el grupo alcohol, algunos como fenol, pero nadie reconoce que el sufijo *–oxi* es el grupo *éter*–. Es decir, saben formular moléculas orgánicas sencillas, pero no moléculas que presentan alguna complejidad en su estructura.

En relación al pH o las sustancias que pueden ser ácidas o básicas, en la asignatura de Química de 2.º Bachillerato se explica que el ácido cítrico es un ácido débil. Sin embargo, ninguna de las dos alumnas de 2.º Bachillerato relacionó sus propiedades y su presencia en reacciones ácido-base con su función reguladora del pH de la piel cuando se desestabiliza. Cabe destacar también la relación que hacen de esta sustancia con la vitamina C, cuando son sustancias distintas aunque estén presentes en las mismas frutas.

### En relación con los términos utilizados en los envases

Los envases de los productos de higiene personal están llenos de términos científicos (y pseudocientíficos), su comprensión o interpretación por parte del alumnado es un elemento de interés para determinar cómo es aplicada la ciencia escolar al día a día. Por problemas de espacio aquí solo vamos a comentar algunos casos.

Sobre el término *antioxidante*, solo un alumno pareció exponer correctamente su significado. El resto entendieron que es cualquier sustancia que evita la oxidación, no saben cuál es el significado de oxidante. De este modo, vemos que los alumnos que lo relacionan con procesos redox («evita las reacciones redox») no interpretan este término dentro de un contexto biológico. Mientras, aquellos que lo relacionaron con los procesos de corrosión no entendieron cómo funcionan y, por tanto, no pudieron extrapolarlo a lo que le pasa a la piel. Además, independientemente del curso en el que estén, no saben lo que son los procesos de oxidación-reducción ni cómo pueden aplicar este concepto a las funciones de un antioxidante.

Cuando les preguntamos por *hipoalergénico*, la mayoría (ocho) entendieron *alergénico*, pero no parecieron comprender el significado del prefijo *hipo-*, ya que algunos indicaron que es un champú que puede producir alergias.

Cuando les preguntamos por términos como *biodegradable* vimos que para ellos la degradación es un proceso donde la materia desaparece, es decir, no tienen en cuenta que la materia no se puede destruir, solo transformar. Además, lo confundieron con la regeneración o la reutilización y entendieron que, para que algo sea biodegradable debe descomponerse en poco tiempo, cuando este proceso no requiere un tiempo determinado. Es importante señalar que, a pesar de ser un concepto que se ve en los primeros cursos de la Educación Secundaria y se sigue trabajando y desarrollando más adelante, no encontramos diferencia con la edad cuando lo explicaban.

### Sobre las respuestas interpretativas

Durante la entrevista realizamos preguntas para que interpretasen el contenido científico de las etiquetas. Dentro de este grupo de cuestiones les pedimos que analizaran dos gráficas que aparecían en una etiqueta de un champú anticaída (*figura 1*) donde la información era escasa.

En la primera gráfica se observa un diagrama de barras donde la variable independiente es la regeneración capilar y la resistencia a la caída, pero la variable dependiente está sin definir. Así, la mayoría de los alumnos entrevistados compararon resistencia a la caída y regeneración capilar con la frecuencia de uso o con los casos de éxito o con la probabilidad. Cualquiera de estas interpretaciones puede resultar admisible y los argumentos utilizados fueron razonables en todos los casos.

En la segunda grafica parece presentarse una relación entre la variación de la hidratación y otra magnitud, pero esta segunda variable no aparece. En este caso, los alumnos reconocen no poder establecer una relación entre la hidratación y otra variable, puesto que la gráfica no aparece nada en el eje de ordenadas con qué compararlo. Sin embargo, en algunos casos, intentaron interpretarlo relacionando la hidratación con términos que tienen que ver con la frecuencia de uso u otras variables, pero sin ninguna fundamentación.

Otra de las preguntas de interpretación fue que indicasen cuáles podrían ser las consecuencias de verter productos de higiene sobre los ecosistemas (*figura 2*). Todos consideraron que los ecosistemas se ven afectados porque los productos llegan al mar y que afectan a su flora y fauna, o bien, que reaccionan con el agua al ser productos químicos.

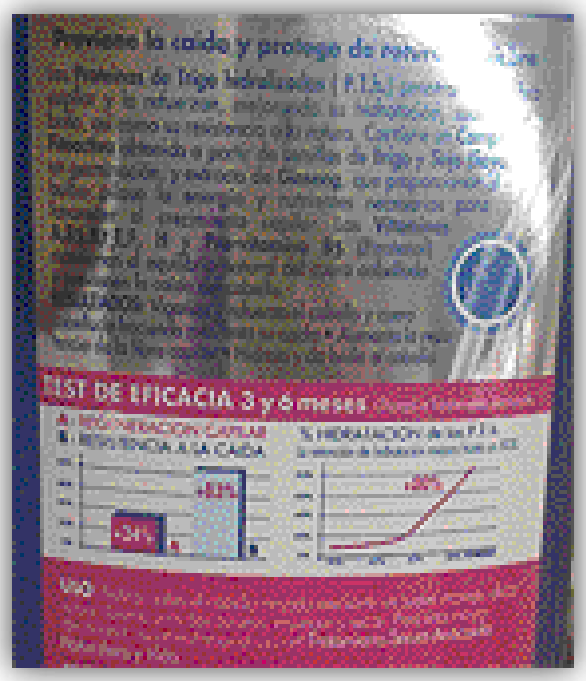



*Figura 1.* Champú anticaída.




*Figura 2.* Gel con «mínimo» impacto sobre los ecosistemas.

Si nos fijamos en el currículo de la Comunidad de Madrid de la asignatura de Biología y Geología de 3.º ESO, dentro del Bloque 3, aparece la potabilización y los sistemas de depuración; sin embargo, ninguno de los alumnos que realizó la entrevista comentó los procesos de depuración de agua, tan solo uno de ellos hizo mención a las alcantarillas y a las depuradoras.

Además, ninguno indicó de qué modo lo puede desestabilizar ni tampoco nada de la versatilidad de los ecosistemas o de cómo afectaría la desaparición de una especie dentro de la cadena trófica. Recordemos que estos son contenidos que trabajan desde 4.º ESO en Biología. Por tanto, el contenido de las respuestas no difiere mucho de un alumno de los primeros cursos de la Secundaria hasta los de Bachillerato.

En relación a los ecosistemas, preguntamos las propiedades que pueden cambiar en el agua al verter productos como geles o champús. Los alumnos de los primeros cursos de la ESO indicaron modificaciones que tienen que ver con cambios físicos, como pueden ser el color. Sin embargo, cuando mencionan cambios químicos lo hacen con términos que ellos conocen (potabilidad, toxicidad), es decir, explican las consecuencias de los cambios químicos, pero no las causas (pH, densidad). Tal vez por ser conceptos más abstractos para ellos.

Dentro de estas preguntas de interpretación, les planteamos qué entendían cuando veían una etiqueta de un producto que subrayaba no contener ingredientes «no adecuados» como son los parabenos, colorantes, ftalatos y fenoxietanol. Aunque se ha descubierto que algunos de ellos son potencialmente cancerígenos, como los parabenos (*isopropilparaben* e *isobutilparaben*) o los ftalatos. Los colorantes o el fenoxietanol no han mostrado efectos nocivos. Un ejemplo de interpretación ante estas etiquetas fue la consideración de asignar el término natural (una valoración positiva) a un gel porque no llevaba químicos.

También nos pareció interesante conocer cómo interpretan el término *$CO_2$ neutral,* debido a que es un término que alude a las emisiones de dióxido de carbono producidas durante el proceso de fabricación del champú.

En primer lugar, la mayoría de los alumnos consideran que el $CO_2$ está presente en este producto como ingrediente o como un gas con un comportamiento inerte en la fabricación del mismo.

En segundo lugar, casi todos los alumnos saben que el $CO_2$ es un gas presente en la atmósfera, además de estar implicado en otros procesos como la fotosíntesis, el ciclo de Calvin o la respiración. Es más, todos ellos saben que este gas es un gas de efecto invernadero y las consecuencias que puede tener si hay una cantidad elevada de $CO_2$ en la atmósfera.

Analizando estas dos respuestas, vemos que ninguno de ellos parece relacionar el dióxido de carbono con los procesos industriales, no ven la conexión entre este gas como producto de reacciones que se llevan a cabo en la industria, como pueden ser las reacciones de combustión, y la importancia de su emisión a la atmósfera.

Por otro lado, casi todos saben decirnos que la vitamina C se encuentra en la naranja, aunque son pocos los que reconocen que se encuentra en los cítricos en general. Muchos de ellos saben que se encuentra en estas frutas por los comentarios oídos durante mucho tiempo sobre las naranjas y su zumo. Incluso, hay alumnos que dicen que la vitamina C está presente en los zumos de naranja *recién exprimidos*, pero su presencia o sus funciones de prevención de procesos catarrales no lo saben por los contenidos de clase, sino por los comentarios que pasan de generación en generación.

## CONCLUSIONES

El análisis de las entrevistas realizadas a los alumnos nos ha permitido observar que independientemente del contenido o el objetivo de las cuestiones parece existir una intención común en el alumnado por intentar contestar sin profundizar en lo que se les pregunta. Recordemos que muchas preguntas implicaban conocimientos que no deberían tener los estudiantes de los cursos más bajos (pH, parabenos, etc.). Sin embargo, la mayoría de ellos intentaron responder, bien utilizando sus conocimientos escolares, bien poniendo en juego los arquetipos establecidos con anterioridad.

Hay que tener en cuenta que la entrevista está realizada sobre contenidos que, en ocasiones, son utilizados por la publicidad. Así, podemos recordar como arquetipos establecidos por la publicidad la relación entre la ausencia de químicos con la bondad de los productos o que la vitamina C está en el zumo de naranja recién exprimido. En cualquier caso, parece que estos «conocimientos» recogidos de la interacción social del alumnado son, en muchos casos, aceptados y puestos en juego para la interpretación del entorno.

Además, observamos que los contenidos que se desarrollan en el aula no suelen ser utilizados en sus análisis sobre las etiquetas. Así, aunque reconocían algunos conceptos no eran capaces de relacionarlos con sus funciones biológicas o los procesos industriales (antioxidante, $CO_2$ neutral). Aunque resulta prematuro determinar la razón es evidente que los conocimientos escolares no permiten a los alumnos tomar decisiones o ser críticos a la hora de realizar sus compras.

En este sentido, utilizar el contenido científico presente en las etiquetas de cualquier tipo de producto como herramienta dentro del aula puede ayudar a que los alumnos sean capaces de movilizar sus conocimientos en otros contextos. En definitiva, puede ayudar a mejorar la alfabetización científica de los ciudadanos para que puedan ser críticos con la información que reciben, saber por qué determinados productos llevan una serie de ingredientes o cuándo la publicidad emite un argumento engañoso.

La intención de este trabajo ha sido plantear si los alumnos son capaces de aplicar sus conocimientos en ciencia a procesos tan habituales como la compra de productos de higiene personal y considerar las consecuencias cognitivas que demandan este tipo de contenidos. Sin embargo, debemos considerar que, aunque este trabajo es un estudio inicial que debemos completar con el resto de los ciudadanos (no escolares), esperamos que nos servirá como base para desarrollar aplicaciones didácticas que se puedan contextualizar dentro del aula.

# Armas químicas: un tema para la formación en competencias

Manuela Martín Sánchez, Gabriel Pinto Cañón, María Teresa Martín Sánchez, José María Hernández Hernández

*Grupo de Didáctica e Historia, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química*
*Ciudad Universitaria - 28040 Madrid*
manuelamartinsanchez@gmail.com

**Palabras clave:** armas químicas, competencias educativas, seminario, CWC (Chemical Weapons Convention), historia de la Química.

**Keywords:** Chemical weapons, educative competences, seminar, chemical weapons convention (CWC), chemistry history.

**Resumen**

En este trabajo se propone el tratamiento de las armas químicas, su historia, sus consecuencias, así como los organismos internacionales relacionados con la prohibición o eliminación de las mismas, como tema para un seminario para el desarrollo de las competencias, en distintos niveles educativos y con la posible colaboración entre varios departamentos. Se trata de un tema de gran importancia que no puede estar incluido en un programa de enseñanza, pero que se puede trabajar en un seminario. Al mismo tiempo que los estudiantes conocen el tema y la situación actual, les servirá para conseguir competencias y capacidades que les serán útiles a lo largo de su vida cualquiera que sea su profesión.

**Abstract**

In this paper we propose chemical weapons, their history, their consequences, and international organizations related to their prohibition or elimination as a topic for a seminar for the development of skills and competences at different educative levels and with possible collaboration among several departments. This is a topic of great importance that cannot be included in a teaching program but can be developed in a seminar. While students will learn the subject and the current situation, it will serve to get competences and skills that will be useful throughout their life whichever their profession may be.

## 1. Introducción a las armas químicas

En 2015 se cumplió el centenario de la utilización por primera vez durante la Primera Guerra Mundial, el 22 de abril 1915, en la segunda batalla de Ypres (Bélgica) (ilustrada en la *figura 1*) de lo que se conoce con el nombre de *armas químicas*. Se comenzó utilizando cloro y se siguió utilizando fosgeno, gas mostaza y otros agentes químicos que produjeron innumerables muertos y heridos.

Las revistas de Sociedades de Química como *Chemical and Engeniering News* de la *American Chemical Society*[1] y *The World of Chemistry* de la *Royal Society of Chemistry*[2] se hicieron eco de esta conmemoración y con este motivo hicimos un breve resumen de lo que había sido la historia de estos cien años para la revista *Anales de la Real Sociedad Española de Química*[3]. Nos pareció que, además, podría ser un tema interesante para un seminario para discutir o tratar con estudiantes de distintos niveles educativos que se podría abordar desde diversos planteamientos.



*Figura 1*. La segunda batalla de Ypres pintada por Richard Jacks (Copyright Canadian War Museum).

Creemos que es un tema de gran importancia, por una parte, porque 2015 fue el centenario del comienzo del uso de este material y, por otra, porque por desgracia se siguen utilizando a pesar de todos los protocolos internacionales firmados y de tantos organismos internacionales como la ONU y la OTAN.

El objetivo fundamental es que los estudiantes se conciencien del problema que suponen las armas químicas[4] y, al mismo tiempo, servirá para desarrollar una serie de competencias y capacidades, como manejar la bibliografía, buscar información en internet en español y en otros idiomas, seleccionar y extraer lo más importante, resumir y redactar de forma concisa toda la información que han obtenido. De esta manera se fomentará el pensamiento crítico.

En las discusiones posteriores se mejorarán la capacidad de razonamiento y argumentación, así como otras habilidades y destrezas. Al discutir sobre los resultados aportados por otros grupos, los estudiantes aprenderán a hacer preguntas, pero también crecerán sus competencias sociales de comunicación, escucha, tolerancia y diálogo.

En una historia escueta de estos cien años podríamos considerar qué productos químicos se han obtenido o utilizado con este fin y distinguiríamos varios periodos. El primero sería la Primera Guerra Mundial, en el que ya hemos indicado algunos productos químicos utilizados (se ilustran en la *figura 2*). Alguno de estos se utilizó también entre 1921 y 1927 en la guerra del Rif (Marruecos). El segundo sería el periodo entre 1936 y 1949, donde los países, sobre todo Alemania, se dedicaron a buscar nuevos agentes químicos más potentes y obtuvieron el tabún, sarín, somán y ciclosarín, que se conocen como agentes

[1] EVERTS, S. (2015). When chemicals became weapons of war. *C&E News,* 93, pp. 9-21.

[2] FREEMANTLE, M. (2015). The chemists' war, *Chemistry World. 12(9)*, pp. 56-59.

[3] MARTIN, M.; PINTO, G.; HERNÁNDEZ, J. M. y MARTIN, M.T. (2015). Cien años de armas químicas. *Anales de Química*, 111 (4), pp. 224-229.

[4] HOGG, J. C. (1944). A program for war and peace. *Journal of Chemical Education,* 21 (3), pp. 130-132.

G, por estar sintetizados en Alemania (*Germany*) y que se caracterizan por atacar el sistema nervioso. Se puede afirmar que prácticamente no se utilizaron en la Segunda Guerra Mundial, porque Hitler, que había sufrido este tipo de armas en sus propias carnes en la primera, prohibió su uso. El tercer periodo, a partir de 1950-1955, es en el que se obtiene la conocida como serie V (V-X, V-E, V-G), que se refiere a agentes vesicantes o vejigatorios, es decir, sustancias que en contacto con la piel producen irritación y ampollas (la iperita de la Primera Guerra Mundial ya era vesicante) y que empezaron a fabricarse en Inglaterra, pero siguieron en Rusia, Estados Unidos, Japón, etc., y se han utilizado recientemente en Irak y en Siria. Es curioso que lo mismo en la serie G que en la V algunos se descubrieron de forma accidental buscando insecticidas.

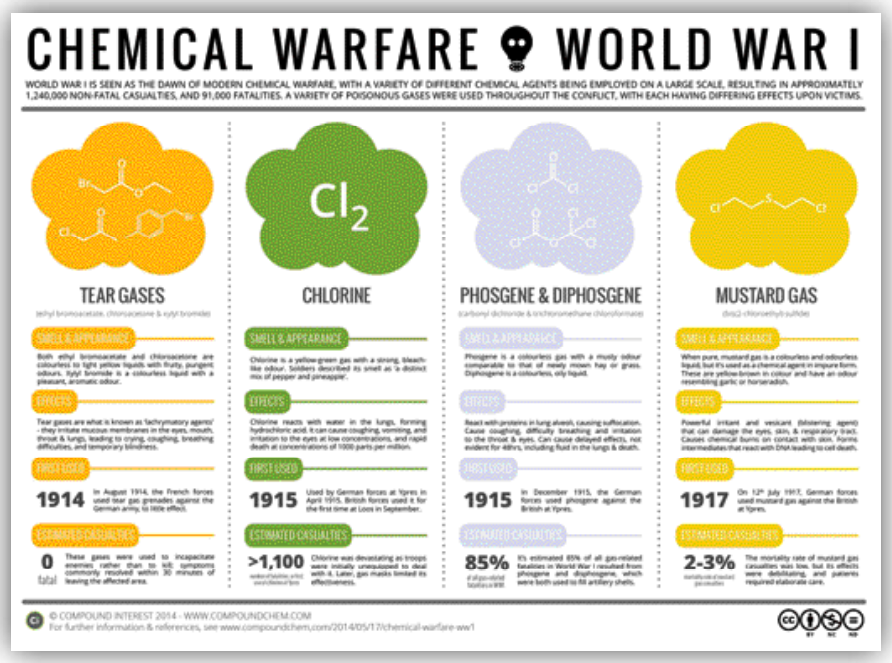



*Figura 2.* Tabla donde se resumen datos químicos e históricos de algunas de las armas químicas más relevantes usadas en la Primera Guerra Mundial (Copyright 2015 Andy Brunning/Compound Interest).

Por otra parte, es importante también considerar la evolución de los tratados internacionales en relación a este tema. El primer acuerdo, que prohibía el uso de balas envenenadas, es de 1675 y se firmó en Estrasburgo por Francia y Alemania. En 1874 se firmó la convención de Bruselas sobre Leyes y Costumbres de la Guerra. En 1899 en la Convención de La Haya se acuerda que no se permita utilizar proyectiles cuya finalidad sea difundir gases tóxicos. En 1925 el protocolo de Ginebra prohíbe el uso de gases asfixiantes, tóxicos o cualquier otro tipo de gases o métodos bacteriológicos en las guerras. En 1968 Suecia consiguió incluir la prohibición de armas biológicas y químicas en la reunión sobre desarme de Ginebra que pasó a llamarse Comité de los Dieciocho (Eighteen Nations Disarmament Committee, ENDC), copresidido por Estados Unidos y la Unión Soviética. En la reunión de 1980 se decidió que la presidencia fuera rotatoria y se llamó Conferencia para el Desarme. En 1992, en el seno de esa conferencia, comenzó a funcionar un comité dedicado a las armas químicas. El 13 de enero de 1993 se firmó en París la Convención y el 29 de abril de 1997, entró en vigor como OPCW y seis meses más tarde se estableció la CWC (Chemical Weapons Convention). La CWC es un tratado multilateral que prohibía las armas químicas y exigía su destrucción en un plazo determinado de tiempo. Se decidió que la destrucción de este tipo de armas, que muchos países tenían almacenadas (la mayoría desde la Segunda Guerra Mundial), debía ser efectiva para 2007, y se acordó que cada cinco años se haría una reunión para vigilar el cumplimiento de estos acuerdos. Posteriormente y dadas las dificultades se prorrogó la fecha límite hasta el 29 de abril de 2012. Al final se llegó a optar por diciembre de 2015.

## 2. Las armas químicas como tema educativo

Consideramos que el estudio de las armas químicas no debe ser un tema que forme parte de un programa oficial, pero siempre, dentro de un programa general de Química, al hablar de determinadas sustancias como cloro, cianuro de hidrógeno, fosgeno u otras, se puede hacer referencia a que por sus propiedades se utilizaron como gases de guerra. Además, puede ser en diferentes niveles de enseñanza un tema para profundizar en un seminario. Dicho seminario, en enseñanzas no universitarias, podría estar organizado con la participación de varios departamentos, ya que tiene implicaciones científicas, sociológicas y políticas.

Es importante que los estudiantes de los distintos niveles reflexionen sobre los riesgos relacionados con los múltiples empleos de sustancias químicas y el uso dual del conocimiento científico. Sugerimos que se deben desarrollar aptitudes y capacidades sobre la importancia del empleo de la química con fines pacíficos y no contribuir al empleo indebido de sustancias químicas potencialmente tóxicas.

Dos hechos de comienzos del siglo XX pueden ser un ejemplo de la utilización de la química. Uno, de forma adecuada, sería la aparición de la baquelita en 1907 y el otro ejemplo de utilización de forma inadecuada se refiere al uso masivo de armas químicas en la Primera Guerra Mundial a partir de 1915.

Sin duda, la química es una herramienta que aporta enormes beneficios a la sociedad en múltiples y variados campos, pero son las personas quienes hacen uso de esos conocimientos y quienes deben ser conscientes del potencial que poseen, para usarlos de forma adecuada.

## 3. Propuestas educativas similares

En otro contexto, y en plena Segunda Guerra Mundial, Hogg[5] proponía que en el último curso de la enseñanza secundaria debería haber un tema que fuera la «Química para la Guerra y la Paz», cuando ya se tenían los conocimientos suficientes de física y de química.

En la bibliografía nos encontramos, entre otros, los trabajos de Gooch[6] y Epstein[7], que hacen una propuesta de este tipo con motivo de la utilización de armas químicas en la guerra del Golfo y en otros conflictos actuales, a pesar de todos los protocolos internacionales firmados y de organismos como la Convención sobre Armas Químicas de 1993 (OPCW, Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons)[8].

En Argentina celebraron dos talleres, el primero titulado «Química para la Paz» (Rosario, 27 y 28 de junio de 2013) y el segundo «Educación en el Uso Responsable de la Química al Servicio del País y de la Paz Mundial» (Bahía Blanca, 20 y 21 de noviembre de 2014)[9]. Consistieron en varias conferencias sobre el tema dadas por especialistas en la materia, seguidas de sesiones de discusión por grupos que diseñaron un plan para incluir este tema en la enseñanza sin que supusiera sobrecargar los planes de estudio.

En Internet aparece un documento titulado «*Haber teacher's resources*» dirigido a estudiantes de los grados 9-12 y publicado como complemento a los vídeos de Chrétien Schouteten y que puede ser una

---

[5] Hogg (1944). p. 2.

[6] Gooch, E. (2002). Chemistry and warfare: A general studies course. *Journal of Chemical Education*, 79 (7), pp. 820-821.

[7] Epstein, J. (2009). Weapons of mass destruction: It is all about Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 86 (12), pp. 1377-1381.

[8] Organization for the Prohibition of Chemical Weapons (2016). Chemical weapons: Genesis and historical development [en línea], disponible en: https://www.opcw.org/chemical-weapons-convention/genesis-and-historical-development [consultado el 20/04/2016].

[9] Secretaría de Políticas Universitarias (2014). Educación en el uso responsable de la química al servicio del país y de la paz mundial, [en línea], disponible en: http://bit.ly/1qCJCGW [consultado el 20/04/2016].

fuente interesante para enfocar este tema en el trabajo con los estudiantes, porque sugiere varias cuestiones y actividades que se pueden plantear[10].

Del mismo tipo es la propuesta de J. Essex y L. Howes, sobre la importancia de la ética en las investigaciones de química tomando como base los descubrimientos de Haber[11].

## 4. Propuesta de un seminario sobre las armas químicas

Como ya hemos indicado, no debe ser un tema que forme parte de un programa oficial, pero sí es adecuado para un seminario, en distintos niveles de enseñanza. De esta forma, en un clima más relajado e informal que la clase tradicional, se pueden desarrollar otras capacidades además de dar a conocer temas más o menos actuales. Esperamos que el resultado final cumpla la definición de *seminario* que aparece en el Diccionario de la Real Academia (del latín *seminarius*): «Clase en que se reúne el profesor con los discípulos para realizar trabajos de investigación». En el seminario se siembran ideas y se trata de enseñar a aprender, porque todos (profesor y alumnos) tienen que buscar información, consultar, elegir, tomar decisiones[12]. En un seminario, el clima, más relajado e informal, contribuye a una mayor relación de los alumnos entre sí y de estos con el profesor, no tienen exámenes y, además, la presentación se hace con el material que ellos han organizado y que conocen bien. Precisamente conseguir información sobre un tema, organizarla y convencerse de que, cuanto mejor se lo preparen mejor les va a salir la presentación, será otra de las ventajas (como se dice vulgarmente, «el que no se prepara, se prepara para fracasar»).

El objetivo fundamental es que los estudiantes se conciencien del problema que suponen las armas químicas y al mismo tiempo servirá para desarrollar una serie de competencias como manejar la bibliografía, buscar información en Internet, seleccionar lo más importante, resumir y redactar de forma concisa toda la información que han conseguido. Todo es, sin duda, muy formativo.

Se pueden plantear estos seminarios de tal forma que se les presente una serie de apartados para que elijan, según sus preferencias, el campo en el que quieren trabajar (en grupos de tres estudiantes) y hacer una o dos sesiones finales en las que cada grupo exponga su trabajo y se pueda discutir con la participación de todos.

Normalmente este trabajo tiene más éxito si se plantea al principio del curso, cuando los estudiantes tienen más tiempo y una cierta inercia a empezar a trabajar en el programa del curso. Es imprescindible que al trabajo se le conceda algún tipo de crédito para mejorar la calificación, para que tomen interés. Además, es muy importante cuidar la presentación y organización para que cualquier seminario tenga éxito.

El seminario consistirá en una sesión previa donde se presentarán a los estudiantes los posibles temas a elegir, se expondrá el plan de trabajo, y se especificará cómo se hará la evaluación, así como qué parte supondrá esta calificación en la definitiva de la materia.

En esa reunión previa se les indicará que hagan grupos de tres estudiantes y que elijan un tema dentro de los propuestos, que se respetará siempre que no lo haya escogido otro grupo con anterioridad. Un plazo adecuado para que hagan la elección es de no más de ocho días.

A partir de este momento cada grupo discutirá con el profesor en la hora de tutorías presenciales o por correo electrónico un esquema del tema escogido, indicando qué puntos pretenden abordar y con qué

[10] Teacher Resources Overview (2014), Haber, the father of chemical warfare, [en línea], disponible en: http://bit.ly/1TgLv5L [consultado el 20/04/2016].

[11] Essex, J. y Howes, L. (2014). Experiments in integrity - Fritz Haber and the ethics of chemistry. *Science in School*, 29, pp. 4-8 [en línea], disponible en http://bit.ly/1Vzv0FU [consultado el 20/04/2016].

[12] Real Academia Española (2016). *Diccionario de la Lengua.* Edición 23.ª [en línea], disponible en http://dle.rae.es/?w=diccionario [consultado el 20/04/2016].

bibliografía cuentan, para lo que dispondrán de un máximo de un mes. El profesor inicialmente les indicará alguna bibliografía adecuada para empezar, aunque ellos deberán añadir alguna fuente bibliográfica más que podrán buscar por medios electrónicos a través de los catálogos de las bibliotecas.

Posteriormente, deberán escribir el tema para entregarlo por escrito en el plazo de otro mes y, por último, se hará la presentación oral con ayuda de un PowerPoint. Será muy importante que los alumnos aprendan a hacer bien esta presentación. El componente fundamental es el contenido, que debe ser claro y escueto pero, además, no deben poner demasiados colores, que muchas veces entorpecen la visibilidad, y las letras deben ser de tamaño adecuado (se sugiere que el tamaño más pequeño sean 24 puntos). Cuanto más sencillas sean las diapositivas, mejor. En la presentación es preferible que se haga oral y no se limiten a leer las diapositivas (únicamente las deben comentar). De esta forma se irán acostumbrando a hablar en público, que también es una competencia necesaria para cualquier ciudadano, independientemente de su profesión.

El trabajo escrito cumplirá las condiciones de cualquier artículo que se presenta para publicar en una revista: título, nombre de los autores, resumen, introducción, distintos apartados, conclusiones, ilustraciones, tablas y bibliografía. Se pondrá un límite máximo de páginas (en letra de 12 puntos y espaciado 1,5, por ejemplo), un número adecuado será en torno a cuatro o seis páginas. De esta forma también aprenderán cómo se debe presentar un trabajo escrito de forma correcta.

Tiene que ser un trabajo original, elaborado con la bibliografía que han utilizado. Por tanto, requiere hacer una síntesis personal de la documentación leída, no consiste en marcar y copiar párrafos y ponerlos juntos.

La bibliografía utilizada serán libros y revistas impresos o electrónicos y será necesario enseñarles que no todo lo que está publicado de una forma o de otra es de garantía y que es necesario buscar el origen y los responsables de esas publicaciones para conocer su fiabilidad. Siempre son más fiables las que están editadas, porque tiene el filtro de una editorial.

El trabajo final debe ser ameno, coherente, no repetitivo, y que se pueda considerar un trabajo interesante de divulgación del tema elegido. Para la presentación oral, que será un resumen del trabajo escrito, dispondrán de diez minutos y deberán utilizar como apoyo un PowerPoint o herramienta similar, como ya se ha indicado.

Las presentaciones orales se harán todas en una o dos sesiones, dependiendo del número de alumnos, y siempre irán acompañadas de una discusión que moderará el profesor.

Como sugerencia, la calificación de estos trabajos podrá representar hasta un 20% de la calificación final.

Para niveles no universitarios, consideramos que debería ser un seminario organizado con la participación de varios departamentos, ya que tiene implicaciones científicas, sociológicas y políticas. Aunque esto supone un problema de organización añadido, creemos que merece la pena.

Algunos apartados para desarrollar por parte de los alumnos podrían ser:

- Biografía de Fritz Haber. Además, en relación a su implicación en el desarrollo de armas químicas durante la Primera Guerra Mundial se suele citar a su mujer, Clara Immerwahr (ver *figura 3*).
- Gases utilizados en la Primera Guerra Mundial.
- Gases más mortíferos desarrollados con posterioridad.
- Efectos químicos y biológicos. Posibles antídotos.
- Situación actual.
- Facilidad de conseguir la producción de estas armas químicas (son muy estables).
- ¿Han tenido estos compuestos otras aplicaciones industriales importantes?

- Especies químicas similares usadas corrientemente con otra finalidad.
- Chemical Weapons Convention de 1993.
- Cómo destruir las armas químicas.

Según el número de alumnos del grupo o grupos que intervengan y según su nivel, alguno de estos apartados se puede suprimir o incluso alguno de ellos se podría dividir en dos o buscar otro aspecto.



*Figura 3.* Imagen de la película alemana titulada *Clara Immerwahr*, estrenada en Alemania en 1914 y donde se refleja la relación entre Clara y su marido (Fritz Haber).

Dependiendo del nivel de los estudiantes, cada uno de los apartados se abordaría de distinta forma. Siempre se haría un estudio histórico partiendo de la Primera Guerra Mundial. A nivel universitario, se centrarían más en la composición química, y en las aplicaciones de sustancias de estructura similar en otros campos.

Las discusiones posteriores servirán para que mejore la capacidad de razonamiento y argumentación de los estudiantes, así como otras habilidades y destrezas. Al discutir sobre los resultados aportados por otros grupos aprenderán a hacer preguntas críticas, pero también crecerán sus competencias sociales de comunicación, escucha, tolerancia y diálogo.

Se insistiría en la responsabilidad que tienen el uso de determinadas sustancias para fines que no son aceptables y, sobre todo, si en el futuro siguen una profesión relacionada con la producción o el uso de sustancias químicas, se pretende que sean conscientes de los problemas a que pueden dar lugar y actúen de forma éticamente adecuada.

## 5. Destrezas y competencias a desarrollar

A nivel no universitario, los planteamientos expuestos en el apartado anterior servirían como base para las siete competencias clave del currículo del sistema educativo español, que son (ver *figura 4*): (1) comunicación lingüística, (2) competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, (3) competencia digital, (4) aprender a aprender, (5) competencias sociales y cívicas, (6) sentido de iniciativa y espíritu emprendedor y (7) conciencia y expresiones culturales[13].

[13] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015). Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*,pp. 6986-7003, 29 de enero de 2015.

Como indica Pinto[14], los elementos clave en la enseñanza por competencias son despertar y mantener la motivación hacia el aprendizaje, lo que implica un nuevo planteamiento del papel del alumno, activo y autónomo, consciente de ser el responsable de su aprendizaje. Para potenciar la motivación por el aprendizaje de competencias se requieren metodologías activas y contextualizadas, que facilitan la participación e implicación del alumnado y la adquisición y uso de conocimientos en situaciones reales. De esta forma se generan aprendizajes más transferibles y duraderos.

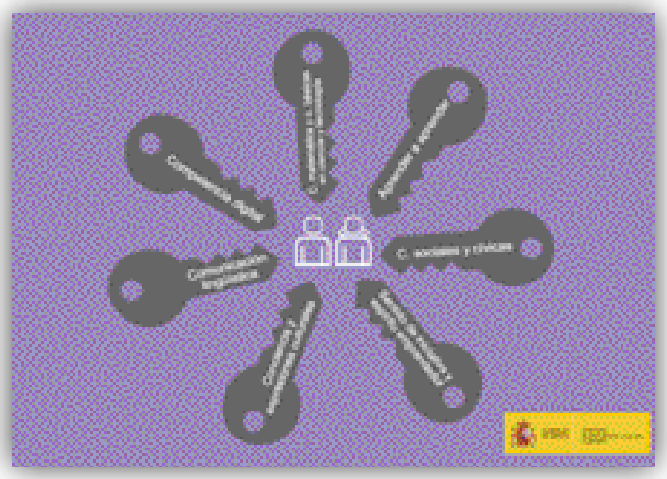


*Figura 4.* Ilustración de las siete competencias clave del currículo del sistema educativo español (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte).

Además de todo lo indicado, consideramos necesario enseñar a los estudiantes[15, 16]:

- A leer y analizar los textos, así como a evaluar la validez de los argumentos, la credibilidad y exactitud de cualquier fuente sea digital o impresa.
- A plantear preguntas sobre ellos y compartir esas experiencias con otros compañeros. Acceder a la información necesaria con eficacia y eficiencia seleccionando las ideas principales.
- Conectar las ideas centrales y conceptos transversales.
- A dar una información integral evitando el copiar frases, elaborando ellos sus propios escritos, utilizando la información de manera eficaz, integrándola en sus necesidades y evitando el plagio.
- A entender las cuestiones económicas, legales y sociales que rodean el uso de información, y el acceso y uso de la información de forma ética y legal.
- A saber participar en una discusión respetando las opiniones de otros. Habilidades humanas, de comunicación e interacción, requeridas para el desempeño de cualquier profesión.
- A fomentar una cultura de colaboración.
- A desarrollar el comportamiento ético de respeto.

En todo momento, es vital la actuación del profesor en las tutorías, enseñando a los alumnos y animándolos a buscar la información, consiguiendo que se entrenen para seleccionar y organizar materiales, textos

[14] PINTO CAÑÓN, G. (2014-2015). La resolución de problemas como metodología para la adquisición de competencias clave en ciencia y tecnología. *Anuario Latinoamericano de Educación Química, ALDEQ*, 30 (vol. 2), pp. 91-98.

[15] ZANE, M.; KARVEY TUCCI, V. (2015). Exploring the information literacy needs and values of high school chemistry teachers. *Journal of Chemical Education*, 93 (3), pp. 406-412.

[16] ASSOCIATION OF COLLEGE AND RESEARCH LIBRARIES, ACRL (2000). Information literacy competency standards for higher education, [en línea], disponible en: http://bit.ly/1eS3mJG , 4/2/2016 [consultado el 20/04/2016].

y contenidos y que, además, aprendan a presentarlos de forma adecuada. Tienen que presentarlos en público y también deben ser capaces de discutir sobre las propuestas. Por una parte la exposición y por otra la discusión les ayudan a desarrollar su autonomía intelectual y les dan una madurez.

Una parte importante del seminario es la discusión, por lo que es necesario saberla enfocar y dirigir, para que realmente sea un espacio de diálogo y de confrontación de ideas, durante el que tienen que aprender a pensar por sí mismos, ser capaces de entender lo que piensan y defienden otros, respetar las distintas opiniones, lo que les enseñará a comportarse democráticamente. El profesor activa la participación, no impone su opinión y hace las correcciones oportunas cuando no sean científicamente correctas algún tipo de opiniones tratando de hacerles ver por qué no tiene razón.

## 6. Conclusiones

Nuestra propuesta sirve para trabajar un tema de plena actualidad ya que el problema de las armas químicas, que comenzó hace cien años de forma especialmente dramática, ha seguido a lo largo de la historia en confrontaciones bien recientes como la actual de Siria. Los estudiantes se conciencian de lo que ha supuesto, cuál es la situación actual y, al mismo tiempo, trabajan una serie de competencias que les servirán a lo largo de su vida.

Se insistiría en la responsabilidad que tiene el uso de estas sustancias y, sobre todo, si en el futuro siguen una profesión relacionada con la producción o el uso de sustancias químicas, se pretende que sean conscientes de los problemas a que pueden dar lugar. Coleman[17] dice que ya no se puede admitir que la ciencia esté libre de valores y que los científicos no tengan responsabilidad sobre las consecuencias de su trabajo y, entre otros aspectos, recomienda que se lea la propuesta de la Convención sobre Armas Químicas de 1993, en la que se ve la dificultad incluso en la clasificación de las sustancias como armas químicas[18].

[17] Coleman, W. F. (2009). Molecular models of chemical weapons and warfare agents. *Journal of Chemical Education*, 86 (12), p. 1470.

[18] Organization for the Prohibition of Chemical Weapons (2016). Convención sobre la prohibición del desarrollo, producción, almacenaje y uso de armas químicas y sobre su destrucción, [en línea], disponible en http://bit.ly/1NkkTBG [consultado el 20/04/2016].

# Extracción y análisis de productos naturales, una práctica de laboratorio de Química Orgánica a introducir desde el nivel de ESO-Bachillerato

Francisco Javier Toledo Marante

*Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Departamento de Química,*
*Grupo de Tecnología Química y Desarrollo Sostenible. Campus de Tafira, Edificio de Ciencias Básicas*
*35017 Las Palmas de Gran Canaria (ESPAÑA)*
franciscojavier.toledo@ulpgc.es

**Palabras clave:** Cafeína, nicotina, β-caroteno, clorofila, análisis.

**Keywords:** Caffeine, nicotine, β-carotene, chlorophyll, analysis.

**Resumen**

El té, el tabaco y las algas (*Spirulina* spp.) son materias primas disponibles en el comercio. Su uso como fuentes de productos naturales tan populares como la cafeína, la nicotina, el β-caroteno o la clorofila se aprovecha para introducir al alumno de Química en las modernas técnicas de extracción, purificación y elucidación estructural por métodos químicos y espectroscópicos. El objetivo de que el alumno relacione la teoría con la práctica lo consigue el profesor con eficacia, haciendo la disciplina más atractiva. Así, las próximas generaciones de estudiantes podrán juzgar positivamente a sus maestros por su compromiso con la enseñanza.

**Abstract**

Tea, tobacco and algae (*Spirulina* spp.) are commercially available raw materials. They may be used as sources of popular natural compounds, such as caffeine, nicotine, β-carotene or chlorophyll, and exploited to introduce the students of Chemistry in the modern techniques of extraction, purification and structural elucidation by chemical and spectroscopic methods. The teacher can successfully get the aim that the student will relate the theory and practice, making the subject more attractive. This way, the next generation of students can positively judge their teachers because their compromise with the instruction.

## Introducción

Uno de los hechos importantes de la última década en el ámbito universitario ha sido la sustitución de las viejas licenciaturas por los nuevos grados en lo que se ha denominado convergencia hacia un 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 desarrollo de habilidades que en lecciones magistrales. Este «cambio de chip» nos obliga a realizar cambios pedagógicos y didácticos que implican a todos los agentes de la comunidad educativa, desde la ESO a la universidad. El desarrollo de prácticas atractivas es, dentro de esta tarea, fundamental.

Este documento pretende instruir al alumno de Química en principios científicos fundamentales como la extracción, separación, purificación e identificación de productos naturales.[1] El verdadero éxito del alumno en su paso por el laboratorio se caracteriza por la realización eficaz de cada experiencia, con el aislamiento de cada producto con pureza elevada y el máximo rendimiento. Este logro no es casual; solo será posible si el alumno planea con cuidado su trabajo con antelación y lo realiza a conciencia durante cada periodo de prácticas.

Se plantean aquí tres trabajos, el primero de los cuales se refiere a las purinas, el segundo a los alcaloides y el tercero a productos naturales marinos. El alumno tendrá en sus manos moléculas tan populares como cafeína (II), nicotina (V), β-caroteno (VII), clorofila A (VIII) y violaxantina (IX). Tanto podrá medir constantes fisicoquímicas (punto de fusión y constantes cromatográficas) como registrar espectros. Estos últimos le introducirán, con la ayuda del profesor, en el campo de la moderna elucidación estructural.

## I. EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS DE PURINAS: LA CAFEÍNA

La cafeína (II) es un heterociclo perteneciente al grupo de las purinas. Algunas de ellas figuran entre los productos que se obtienen por hidrólisis de los ácidos nucleicos que se encuentran en las células animales y vegetales. Las fórmulas de dos miembros importantes de la familia de las purinas, el ácido úrico (I) y la cafeína (II), indicadas a continuación, muestran su relación estructural con la urea y con sus derivados metilados.

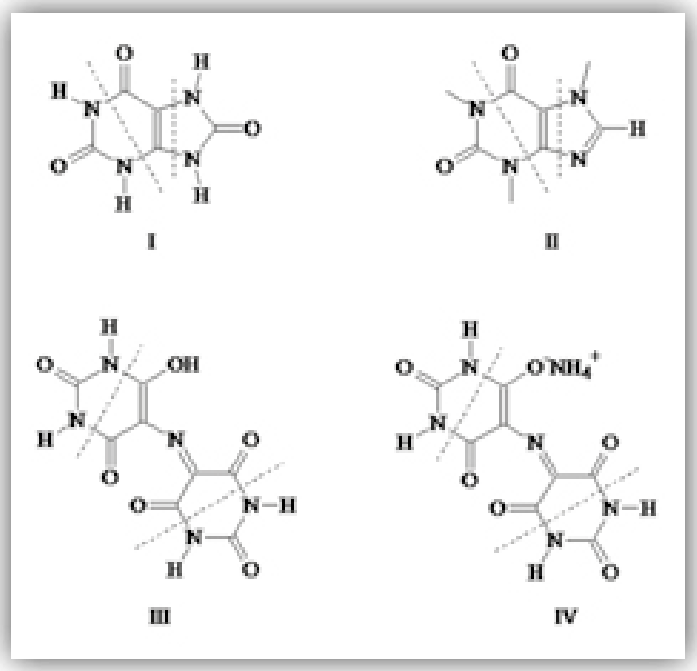



*Figura 1*. Estructuras químicas del ácido úrico (I), cafeína (II), ácido purpúrico (III) y murexida (IV).

[1] TOLEDO MARANTE, F. J. (1995). *Química Orgánica y Sustancias Bioactivas, Cuadernillo de Clases Prácticas*. Editorial de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, pp. 3-25.

## A. Extracción de la cafeína

Hierva 10 g de hojas de té negro en 500 mL de agua durante quince minutos y filtre. Tras esta dilatada extracción la disolución contiene ácidos tánicos que no están presentes en el té que se ingiere como bebida; también contiene mucha más cafeína que el té preparado de la forma usual.

Precipite los ácidos tánicos añadiendo a la disolución caliente, gota a gota y mientras se forme precipitado, una disolución acuosa de acetato de plomo al 10%. Filtre y evapore el filtrado hasta reducir el volumen a unos 100 mL –use un vaso de precipitados de 14 x 7,5 cm y calefactor /agitador magnético–; vuelva a filtrar si fuese necesario. Extraiga esta disolución con 25 mL (x3) de cloroformo, reúna los extractos clorofórmicos en un matraz Erlenmeyer, cubra el fondo con sulfato sódico anhidro, agite y deje estar unos 15 minutos. Filtre la disolución clorofórmica a través de un papel de filtro nuevo y seco y abandone la disolución para que se evapore espontáneamente o concéntrela en un aparato rotavapor si está disponible (*figura 2*). Coloque una muestra de la cafeína obtenida en un tubo de ensayo seco y caliéntela. ¿Se sublima? Recoja cristales del sublimado para su análisis.

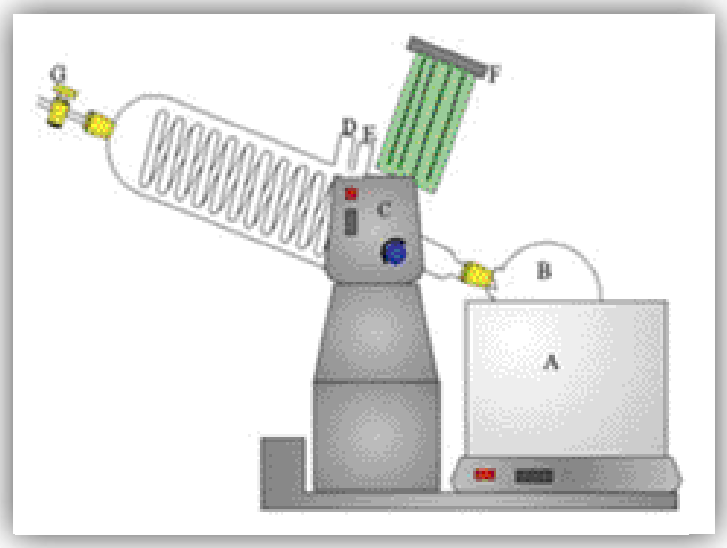



*Figura 2.* Aparato rotavapor. Baño termostático (A), balón con la disolución a concentrar (B), motor que gira a B (C/F), conexión al vacío (D), entrada y salida del agua de refrigeración (E), llave para introducir aire o más líquido en B sin parar el motor ni quitar el vacío (G).

## B. Análisis de la cafeína obtenida

Muchas purinas dan una reacción coloreada que se conoce como ensayo de la murexida, que se describe a continuación:

Ponga unos 0,1 g de ácido úrico (I) en una cápsula de porcelana pequeña –o vaso de precipitados de 50-100 mL– y añada 1,0 mL de ácido nítrico concentrado. Caliente la cápsula muy suavemente con un mechero Bunsen hasta que el contenido se evapore hasta casi secarse (¡use una campana extractora de gases!). Exponga el residuo viscoso a los vapores de amoníaco. Se forma un colorante rojo-púrpura que es la sal amónica del ácido purpúrico (murexida, IV). Repita el ensayo con una muestra de la cafeína aislada por usted. Compare los resultados.

Compare su cafeína –antes y después de sublimarla– con una muestra auténtica por cromatografía en capa fina (TLC) (eluya con acetato de etilo y revele bajo lámpara UV a 254 nm). Mídale su factor de retención, Rf.

Recorra espectros IR, UV-visible y RMN de su cafeína e interprételos con la ayuda de su profesor (*figura 3*).

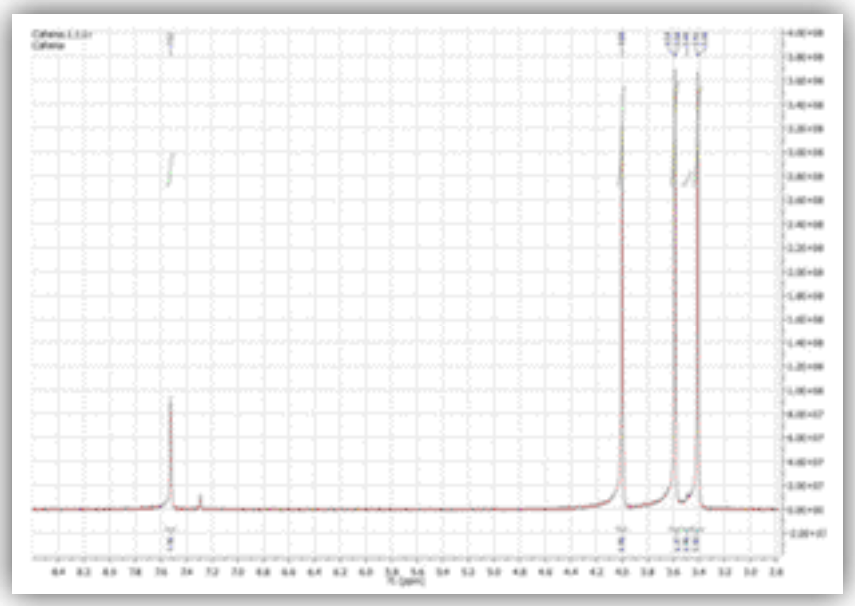


*Figura 3.* Espectro de resonancia magnética nuclear ($^1$H-NMR, en $Cl_3CD$ al 5% w/w) de la cafeína, obtenido con un aparato AMX Bruker de 300 MHz en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

### C. INFORME Y CUESTIONES

C.1. Escriba un resumen breve y claro de cada paso realizado en la extracción de la cafeína del té. ¿Por qué es soluble en agua?

C.2. Busque en la bibliografía las propiedades de los ácidos tánicos.

C.3. Describa los principales datos espectroscópicos de la cafeína (II).

C.4. Proponga un mecanismo que explique la formación del ácido purpúrico (III) por hidrólisis del ácido úrico (I) en el ensayo de la murexida.

## II. EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS DE ALCALOIDES: LA NICOTINA

Los alcaloides son productos naturales de sabor amargo que contienen al menos un átomo de nitrógeno y un par de electrones sobre él, lo que les da propiedades básicas. Suelen presentar potentes actividades biológicas. Algunos ejemplos conocidos son la morfina, la heroína, el ácido lisérgico (LSD), la cocaína, la quinina, la nicotina (V) y la cinconina (VI).

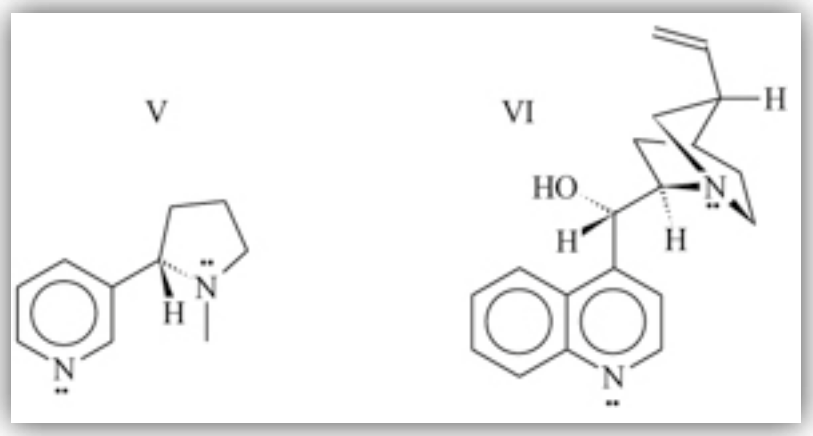



*Figura 4.* Estructuras químicas de la nicotina (V) y cinconina (VI).

## A. Extracción de la nicotina

Pese una muestra de tres gramos de tabaco seco (cigarrillos, puros o tabaco de pipa) en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Agregue un gramo de hidróxido de bario granulado y 15 mL de una disolución acuosa saturada de hidróxido de bario. Agite el matraz hasta que el tabaco esté bien humedecido, agregando más disolución de hidróxido de bario si fuese necesario. Pase 100 mL de una mezcla de *n*-hexano (80 mL) y cloroformo (20 mL) al matraz y agítelo durante 20 minutos (agitación magnética). Agregue dos gramos de polvo de celita, agítelo para dispersarlo y déjelo reposar para que se separen las dos fases líquidas. Filtre la mayor parte de la capa orgánica con papel Whatman (40-15 cm) recogiéndola en un embudo de decantación de 250 mL. Separe la pequeña fase acuosa inferior (si es necesario) y vierta la superior en un matraz Erlenmeyer de 100 mL, cubra el fondo con sulfato disódico anhidro, déjelo estar unos 10 minutos, fíltrelo de nuevo a través de papel de filtro normal, almacénelo en frasco opaco y etiquételo como «mi extracto nicotínico».

## B. Análisis cualitativo de la nicotina por la reacción de Dragendorf

Una disolución recientemente preparada de $BiI_4^-$ reacciona con los alcaloides (B) para dar sales anaranjadas y voluminosas de fórmula $BiI_4^-.BH^+$. Ello permite detectarlos por cromatografía en capa fina.

Desarrolle con metanol/hidróxido amónico (99:1) una capa fina de gel de sílice sobre la que haya aplicado una disolución acetónica al 10% de cinconina VI (2 µl) y su «extracto nicotínico» (cinco aplicaciones superpuestas de 2 µl c/u). Tras la elución, revele el cromatograma con el reactivo de Dragendorf –aplíquelo en forma de espray bajo campana extractora–. ¿Le parece este método adecuado para investigar drogas? Mida los Rf de ambos alcaloides (nicotina V y cinconina VI). ¿Cuál de los dos alcaloides se retiene más en la capa fina de ácido silícico? ¿Existe alguna razón estructural?

## C. Preparación y normalización de una disolución de ácido perclórico en ácido acético glacial

Prepare 100 mL de una disolución aproximadamente 0,10 M de ácido perclórico en ácido acético glacial. Pese dos muestras de ftalato ácido de potasio (patrón primario, KHP) de, aproximadamente, 0,2 gramos (con tolerancia de no más de 0,01 g) en dos matraces Erlenmeyer de 100 mL. Agregue alrededor de 50 mL de ácido acético glacial y caliente la mezcla con cuidado hasta que se disuelva –use campana extractora para evitar los vapores de ácido acético–; déjela enfriar y agregue cuatro gotas de la disolución indicadora de violeta cristal. Haga la valoración volumétrica con la disolución desconocida de ácido perclórico, empleando una bureta de 10-20 mL, hasta la transición del color del violeta al verde (punto final). Calcule la normalidad exacta de la disolución ácida desconocida.

## D. Análisis cuantitativo de la nicotina

Pipetee con una perilla de hule una alícuota de 25 mL de su «extracto nicotínico» en un matraz Erlenmeyer de 100 mL (si la normalización anterior requirió menos de 5 mL de ácido use ahora una alícuota de 50 mL). Pase una corriente de aire sobre la disolución, durante cinco minutos, para eliminar el amoníaco libre. Agregue cuatro gotas del indicador violeta cristal y valore con la disolución de ácido perclórico y ácido acético glacial que normalizó antes hasta el punto final (el violeta cambia a amarillo). Calcule el porcentaje de nicotina que hay en el tabaco. Nótese que con esta titulación usted determina tanto la nicotina como la *nor*-nicotina (es decir, los alcaloides totales). Sin embargo, deberá aportar los alcaloides totales como nicotina, que reacciona con dos protones en la reacción de valoración volumétrica.

E. INFORME Y CUESTIONES

E.1. Escriba un resumen breve y claro de cada paso dado para la extracción y valoración de los alcaloides del tabaco.

E.2. Describa las propiedades químicas y biológicas de los alcaloides (consulte la bibliografía).

E.3. Describa algunos alcaloides biológicamente activos aislados de organismos marinos o terrestres.

## III. EXTRACCIÓN Y PURIFICACIÓN DE PRODUCTOS NATURALES MARINOS

Los catorce congresos internacionales sobre productos naturales marinos celebrados por la comunidad científica mundial (el último organizado por la empresa Pharmamar en la isla de La Toja, España) han puesto de manifiesto la importancia para el ser humano de los componentes orgánicos de plantas y animales marinos, algunos de los cuales se han revelado como toxinas, pero otros son antibióticos, fungicidas, antiinflamatorios, citotóxicos, antitumorales, etc. En esta tercera experiencia se intenta sentar las bases procedimentales de este nuevo campo de investigación activa[2], que tanto suele estimular al estudiante de química.

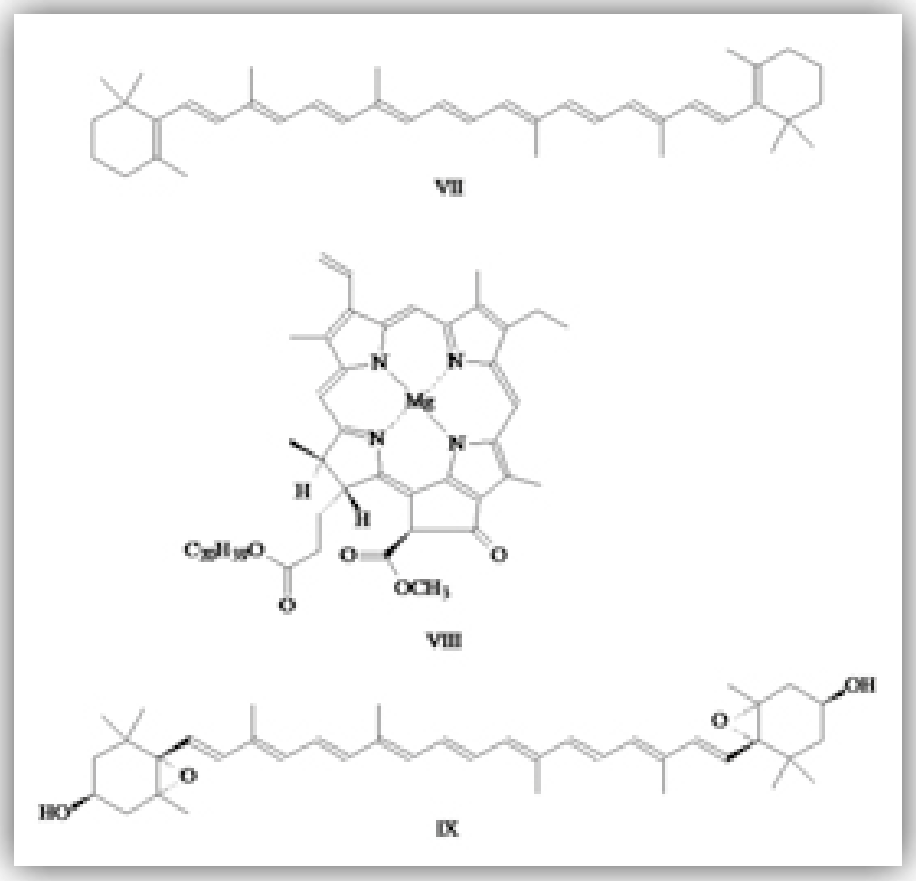



*Figura 5.* Estructuras químicas del β-caroteno (VII), clorofila A (VIII) y violaxantina (IX)

[2] TOLEDO MARANTE, F. J.; MIOSO, R.; BERMEJO BARRERA, J.; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, J. E.; SANTANA RODRÍGUEZ, J. J. y HERRERA BRAVO DE LAGUNA, I. (2012). Structural characterization and metabolite profiling of the facultative marine fungus Paecilomyces variotii. *Annals of Microbiology*, 62 (4), pp. 1601-1607. MIOSO, R.; MARANTE, F. J. T.; BRAVO CE LAGUNA, I. H.; GONZÁLEZ, J. E. G. y RODRÍGUEZ, J. J. S. (2014). Biomolecules produced in liquid-state fermentation by a marine-derived fungus, Penicillium roqueforti. *Química nova*, 37 (2), pp. 260-267.

### A. Extracción sólido-líquido de un alga marina

Introduzca 25 g del alga espirulina (cualquier *spirulina* sp. presente en el comercio) seca y pulverizada en un cartucho de papel de filtro y colóquelo en un aparato Soxhlet con al menos 100 mL de cuerpo. Llene con acetona fría el compartimento que contiene el alga y hierva suavemente 250 mL de acetona contenida en un matraz de unos 500 mL. ¡Abra el agua de refrigeración y añada un trocito de plato poroso al matraz! Observe cómo los vapores ascienden por el tubo lateral, se condensan en el refrigerante y el condensado gotea a través del sólido y la parte soluble cae al matraz por gravedad cada vez que se produce el «sifonado». Continúe así hasta que la acetona no arrastre color, deje enfriar y concentre el extracto en un aparato rotavapor (*figura 2*). Pese el extracto y calcule el rendimiento. Añada 50 mL de cloroformo y 5 g de gel de sílice «para cabezas cromatográficas» (grano de 0.06-0.2 mm). Agite bien hasta conseguir un gel sin burbujas y vuelva a concentrar en el rotavapor. Ahora tendrá su extracto adsorbido sobre los 5 g de gel, y esto constituirá su «cabeza cromatográfica». Guárdela en lugar seco hasta más tarde.

### B. Cromatografía en columna

Monte una columna cromatográfica (50 cm x 2,5 cm) sobre un soporte. Introduzca la gel de sílice «para cromatografía en columna» (grano de 0.04-0.06 mm) poco a poco para que quede bien compactada, y en la proporción 1:20 (por cada gramo de extracto, 20 de sílice). Añada la «cabeza cromatográfica» que preparó antes, un poco de arena lavada y algodón. Abra la llave de la columna cromatográfica y añada *n*-hexano hasta que este moje y atraviese el lecho cromatográfico y comience a gotear. Pase 200 mL de *n*-hexano por la columna y recoja cuatro fracciones de 50 mL. Haga lo mismo sucesivamente con mezclas de *n*-hexano y acetato de etilo (AcOEt) al 25 %, 50 %, 75 % y finalmente 100 % de AcOEt. Ahora tiene su extracto repartido en veinte fracciones. Monitorícelas por cromatografía en capa fina analítica (TLC) (eluya con una mezcla *n*-hexano/ AcOEt 75:25). Reúna las que aparenten tener la misma composición y concéntrelas por evaporación del disolvente mediante un aparato rotavapor (*figura 2*). Pese cada fracción y anote su comportamiento en TLC.

### C. Cromatografía en capa fina preparativa

Construya placas cromatográficas de 1 mm de espesor mediante el aparato distribuidor de gel (*figura 6*). Introdúzcalas en la estufa para activarlas (120 °C, 4 horas), enfríelas en un desecador al vacío y aplique la mezcla a separar dos cm por arriba del borde inferior, mediante una pipeta de Pasteur a la que haya incorporado un trocito de algodón o lana de vidrio. Elúyalas con un disolvente algo menos polar que el indicado antes para la TLC (pida consejo a su profesor; un eluyente típico es *n*-hexano/ AcOEt 80:20). Revele el cromatograma bajo una lámpara UV (los productos aparecen en forma de bandas oscuras sobre un fondo fluorescente (las clorofilas se ven rojas bajo la lámpara a 365 nm). Separe dichas bandas mediante una espátula plana y extráigalas en Erlenmeyers mediante cloroformo. Monitorice las disoluciones de metabolitos puros por TLC y reúna las que contengan el mismo componente.

### D. Cristalización y análisis estructural de metabolitos

Elimine el disolvente en rotavapor y cristalice los metabolitos puros. Mídales su punto de fusión, recorra espectros de infrarrojos (IR), ultravioleta (UV) y resonancia magnética nuclear ($^{1}$H-NMR). Con la ayuda de su profesor, saque conclusiones sobre su posible estructura.

Resultados típicos[3] se revelan por TLC sobre placas Alugram Sil G/UV254 eluyendo con *n*-hexano / acetona (75:25), a saber:

[3] Herrera Bravo De Laguna, I.; Toledo Marante, F. J.; Luna Freire, K. R. y Mioso, R. (2015). Extraction of nutraceuticals from Spirulina (Blue-Green Alga): A bioorganic chemistry practice using thin-layer chromatography. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 43 (5), pp. 366-369.

D.1. β-caroteno (VII). Puede observarse como una mancha amarilla de Rf = 0.77.

D.2. Clorofilas. Pueden observarse como manchas verdes (rojas bajo luz UV de 365 nm) de Rf = 0.39 (clorofila B), Rf = 0.27 (clorofila A, VIII) y Rf = 0.24 (clorofila C).

D.3. Violaxantina (IX). Puede observarse como una mancha amarilla de Rf = 0.16.

D.4. Fenoles desconocidos. Pueden observarse como una mancha roja de Rf = 0.00.



*Figura 6.* Aparato distribuidor de gel para preparar placas para cromatografía en capa fina preparativa.

E. INFORME Y CUESTIONES

E.1. Escriba un resumen breve y claro de cada paso dado para la extracción y purificación de los metabolitos de su «organismo marino».

E.2. Reúna todos los datos analíticos que pueda e intente, junto con su profesor, una aproximación a su estructura molecular.

E.3. Revise la bibliografía (revistas como *Marine Drugs, Journal of Natural Products, Phytochemistry*, etc.) y describa algunos metabolitos aislados de organismos similares al suyo.

## IV. MEDIDAS DE SEGURIDAD

El profesor responsable de las prácticas debe informar previamente a sus alumnos y tomar precauciones sobre algunos peligros que se derivan de la realización de estas prácticas. Así, el uso de sales de plomo implica el tener disponible un bidón específico en donde verter los residuos que las contienen. Por otra parte, el uso de disolventes, algunos inflamables (hexano, metanol y acetato de etilo) nos obliga a contemplar los cuidados correspondientes para evitar posibles incendios y contaminaciones medioambientales. También el uso de ácidos –nítrico, perclórico y acético– requiere disponer de una disolución de bicarbonato sódico al 10% para neutralizar sus derrames, tanto en la mesa del laboratorio como en las manos del alumno. El amoníaco y el ácido acético glacial siempre se han de manipular en campana extractora de gases, debido a que son lacrimógenos sus vapores. Finalmente, el uso de planchas calefactoras y mecheros Bunsen se ha de realizar con el espacio suficiente para evitar quemaduras. Téngase en cuenta que los alumnos son altamente curiosos y pueden caer en la tentación de llevarse a la boca las drogas –cafeína y cinconina– y oler los disolventes, sobre todo el cloroformo, por sus conocidos efectos sedantes.

## V. Conclusión y viabilidad de realizar estas prácticas con alumnos de Secundaria

Las prácticas de laboratorio son inseparables de la química. Desde el punto de vista didáctico, los experimentos de laboratorio relacionados con las separaciones fitoquímicas suponen el manejo de técnicas de extracción, cromatográficas y espectroscópicas, con lo cual los estudiantes aprenden a aplicar las mismas a situaciones de la vida real. Así, hemos visto cómo placas de gel de sílice prefabricadas por los propios estudiantes o compradas en el comercio les permiten extraer nutracéuticos de forma práctica y económica con el apoyo de apenas unos cuantos disolventes comerciales. Puesto que las metodologías descritas aquí pueden considerarse procedimientos rápidos y no complicados se pueden aplicar en cinco o seis sesiones de laboratorio de unas 2-3 horas cada una, lo cual está en concordancia con las exigencias de las modernas asignaturas de las titulaciones de grado de ciencias en Europa. La introducción en ESO de las herramientas necesarias, como nomenclatura de química orgánica, y prácticas relacionadas –estas mismas prácticas simplificadas a discreción por el profesor de ciencias– favorece en el estudiante la conexión entre sus conocimientos previos y la nueva información que se le ofrece o que él va descubriendo durante su aprendizaje, adquiriendo así, de manera significativa, competencias que asegurarán el éxito del futuro profesional en su ámbito.

Es evidente que la descripción realizada en este manuscrito consigue alcanzar los objetivos máximos cuando se realizan a nivel universitario, para lo cual es necesario que la universidad disponga de instrumentos analíticos como espectrofotómetros y espectrómetros de resonancia magnética nuclear y de masas. Es obvio que esta instrumentación no existe en nuestro institutos de enseñanza media, por lo que esta dimensión espectroscópica no hay que considerarla en dicho nivel. ¿Qué se puede hacer, pues, en Secundaria? Las tres extracciones –de cafeína, nicotina y productos naturales marinos– se pueden trabajar por nuestros alumnos de Bachillerato con el material descrito anteriormente. Incluso la extracción con el aparato Sohxlet se puede sustituir por una simple maceración. También puede hacerse un análisis de dichos productos químicos –cafeína, nicotina y carotenos– por cromatografía en capa fina usando muestras auténticas como patrones.

Otra dificultad que se plantea en Bachillerato es la ausencia de aparatos de rotaevaporación para eliminar el disolvente que contiene al final la cafeína o los productos naturales marinos. Hasta esto puede suplirse con simples cristalizadores en los que se deja evaporar el disolvente espontáneamente dentro de una campana extractora de gases.

En definitiva, las prácticas descritas se pueden adaptar fácilmente a ambos niveles –Bachillerato y universidad–. Es indudable que el profesor que las aplique podrá incluso modificarlas según su creatividad particular para conseguir la máxima motivación del alumnado.

## Apéndice

Algunos reactivos especiales son necesarios:

1. Violeta cristal (disolución al 0,5 % en ácido acético glacial, 300 mL).
2. Reactivo de Dragendorf. Disolver 0,85 g de nitrato básico de bismuto (III) (subnitrato de bismuto) en una mezcla de 10 mL de ácido acético concentrado y 40 mL de agua (*Disolución A*). Disolver 8 g de ioduro potásico en 20 mL de agua (*Disolución B*). Guardar ambas disoluciones en frascos opacos cubiertos de papel de platina. Mezclar 5 mL de la disolución A con 5 mL de la disolución B, añadir 20 mL de ácido acético glacial y enrasar con agua hasta 50 mL; introducirla en un frasco con sistema espray para revelado en TLC.

## Agradecimientos

El autor agradece la financiación recibida del Gobierno Canario (Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información, ACIISI, proyecto SI-697, UL-PAPD-08/01-5).

# La tabla periódica: una nueva visión a lo largo de tres años

Óscar Vázquez Mínguez, Alexandra Prada Alonso
*Colegio Salesiano San Juan Bautista. C/ Francos Rodríguez, 5 - 28039 Madrid*
dpeso@salesianosestrecho.es / aprada@salesianosestrecho.es

**Palabras clave:** Educación Secundaria, TIC, trabajo cooperativo.

**Keywords:** Secundary education, ITC, cooperative work.

**Resumen**

La enseñanza de las ciencias en la Secundaria ha ido evolucionando desde las clases magistrales al uso de nuevas metodologías didácticas y aplicación activa de las TIC para conseguir el objetivo de que el alumno no sea un mero receptor de conocimientos, sino el propio protagonista de su aprendizaje.

Bajo este contexto, mostraremos una experiencia realizada con los alumnos de 2.º, 3.º y 4.º ESO en la asignatura de Ciencias Naturales (2.º ESO) y Física y Química (3.º y 4.º ESO) que fomenta un conocimiento más profundo de la tabla periódica.

**Abstract**

Secondary Science Education has evolved from masters in Education classes to the use of new didactic methodologies and the active application of TICs in order to achieve the goal that students are not merely receptacles for information, but rather the main characters in their own learning progress.

In this context, we will reveal a new experience propagated of 2nd, 3rd and 4th of ESO in Natural class (in 2nd) and Physics and Chemistry (3rd and 4th) that foments a deeper understanding of Periodic Table.

## Introducción

A la hora de plantear las programaciones didácticas de estas asignaturas, podemos observar en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables que fomentan el estudio de la tabla periódica.

Dentro de la materia de Física y Química para 2.º y 3.º ESO, en el bloque 2: La materia, podemos encontrar[1]:

[1] Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, BOE núm 3, sábado 3 de enero de 2015, sec. 1, p. 258.

| Bloque 2: La materia | | |
|---|---|---|
| **Contenidos** | **Criterios de evaluación** | **Estándares de aprendizaje** |
| El sistema periódico de los elementos. | Interpretar la ordenación de los elementos en la tabla periódica y reconocer los más relevantes a partir de sus símbolos<br>Formular y nombrar compuestos binarios siguiendo las normas IUPAC. | Justifica la actual ordenación de los elementos en grupos y periodos en la tabla periódica.<br>Relaciona las principales propiedades de metales, no metales y gases nobles con su posición en la tabla periódica y con su tendencia a formar iones, tomando como referencia el gas noble más próximo.<br>Utiliza el lenguaje químico para nombrar y formular compuestos binarios siguiendo las normas IUPAC. |

Y en la materia de Física y Química para 4.º ESO, también en el bloque 2: La materia, podemos hallar:

| Bloque 2: La materia | | |
|---|---|---|
| **Contenidos** | **Criterios de evaluación** | **Estándares de aprendizaje** |
| Sistema periódico y configuración electrónica. | Relacionar las propiedades de un elemento con su posición en la tabla periódica y su configuración electrónica. Agrupar por familias los elementos representativos y los elementos de transición según las recomendaciones de la IUPAC. | Distingue entre metales, no metales, semimetales y gases nobles justificando esta clasificación en función de su configuración electrónica.<br>Escribe el nombre y el símbolo de los elementos químicos y los sitúa en la tabla periódica. |

Y para finalizar:

> No debemos olvidar que el empleo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación merece un tratamiento específico en el estudio de esta materia. Los alumnos de ESO y Bachillerato para los que se ha desarrollado el presente currículo básico son nativos digitales y, en consecuencia, están familiarizados con la presentación y transferencia digital de información. El uso de aplicaciones virtuales interactivas permite realizar experiencias prácticas que por razones de infraestructura no serían viables en otras circunstancias. Por otro lado, la posibilidad de acceder a una gran cantidad de información implica la necesidad de clasificarla según criterios de relevancia, lo que permite desarrollar el espíritu crítico de los alumnos[2].

Teniendo en cuenta la legislación, también debemos fijarnos en el contexto social de nuestro alumnado. Nuestro centro escolar está insertado en el barrio de Tetuán, donde la población inmigrante procede en su mayoría de países latinoamericanos, China y países del Este de Europa. Por lo tanto, en nuestro centro escolar el 21 % de nuestros alumnos son inmigrantes. Además es un centro con aula de enlace y medidas de atención a la diversidad. Así que, en nuestras aulas, de unos 32 alumnos de media, solemos tener alumnos de compensación educativa, desdobles e integración.

Teniendo todo esto en cuenta, decidimos que la metodología a emplear tendría que ser diferente a la tradicional clase magistral. El trabajo cooperativo, la gamificación, el aprendizaje basado en problemas y el uso de las TIC pasaron a ocupar los brazos del nuevo plan de actuación en el aula.

[2] Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, BOE núm 3, sábado 3 de enero de 2015, sec I, pp. 257 y 259.

La idea de un proyecto compartido entre los tres cursos sobre la tabla periódica surge de la necesidad de que los alumnos sean conscientes de que la tabla periódica es mucho más que un simple conjunto de elementos que deben memorizar para formular. Como escribe Rudy Baum:

> La tabla periódica es la piedra Rosetta de la naturaleza. Para el no iniciado es solo un centenar largo de recuadros numerados, cada uno de ellos con una o dos letras, dispuestos con una extraña simetría asimétrica. Pero para el químico revela los principios organizativos de la materia, es decir, los principios organizativos de la química. En un nivel básico, toda la química está contenida en la tabla periódica.
>
> Eso no quiere decir, claro, que toda la química resulte evidente a partir de la tabla periódica. Ni mucho menos. Sin embargo, la estructura de la tabla refleja la estructura electrónica de los elementos y por tanto sus propiedades químicas y su comportamiento. Lo más apropiado sería decir que toda la química comienza con la tabla periódica. (Rudy Baum, número especial de CEEN sobre los elementos)[3].

El trabajo que presentamos ha sido desarrollado con alumnos de 2.º, 3.º y 4.º ESO con el objetivo de presentar secuencialmente la química contenida en la tabla periódica. La distribución por cursos ha sido la siguiente:

- En 2.º ESO, los alumnos han investigado sobre la prehistoria de la química, desde los alquimistas hasta Lavoisier, realizando infografías y se trabaja el estudio de los elementos y sus valencias usando el recurso del juego como herramienta educativa.
- En 3.º ESO, los alumnos estudian la relación entre configuración electrónica y tabla, y elaboran un proyecto en el que construyen una tabla periódica que se expone en el centro con el nombre del elemento, su configuración, una imagen de su estado natural, sus aplicaciones...
- En 4.º ESO, se recogen los conocimientos previos y se investiga sobre la alquimia moderna y las distintas formas de la tabla periódica, de forma se relaciona los contenidos de la materia con la incorporación de nuevos elementos a la tabla y se compara la forma habitual de la tabla con otros modelos de organización.

## Objetivos de la actividad

Este proyecto tiene numerosos objetivos, pero cabría destacar el intento de conseguir con estos alumnos la adquisición de la competencia STEM.

Para ello, buscamos previamente conseguir objetivos específicos, como son advertir la relación que existe entre configuración electrónica y, por tanto, entre las propiedades de los elementos, y la estructura de la tabla periódica actual e investigar sobre las distintas formas de la tabla periódica y la idoneidad del modelo que avala la IUPAC, entre otros, se consigue dando prioridad al trabajo mediante la metodología del aprendizaje cooperativo.

Pero no solo queremos quedarnos en lo específico. Actualmente se considera que a la competencia STEM habría que añadirle una A (Arts). En este proyecto, el diseño y la creatividad es una parte importante a la hora de presentar resultados. Por ello el uso de las TIC y las manualidades con la construcción de un artefacto final es fundamental.

Además, una de las quejas más frecuentes del profesorado es la escasez de las fuentes bibliográficas presentadas por los alumnos en normas APA y el uso correcto de la información que encuentran en Internet u otros medios digitales. Hemos comprobado que el acompañamiento al alumnado en la selección,

[3] Scerri, E. (2013). *La tabla periódica: una breve introducción*. Madrid, Alianza Editorial, p. 11.

comprensión e interpretación de fuentes bibliográficas y aplicación de normas APA, así como identificar las principales características ligadas a la fiabilidad y objetividad del flujo de información existente en Internet y otros medios digitales es clave como objetivo transversal en el aprendizaje del alumnado en Educación Secundaria.

## LA EXPERIENCIA PASO A PASO: CADA CURSO SU PROYECTO

### I. PROYECTO 2.º ESO: GAMIFICACIÓN E INFOGRAFÍAS

Para la mayoría de los alumnos de 2.º ESO es la primera vez que entran en contacto con la química. Para ellos, diseñamos dos actividades:

- Juegos con cartas químicas para aprender los símbolos y las valencias de los elementos químicos.
- Infografías para investigar la prehistoria de la química: desde los primeros alquimistas hasta Lavoisier.

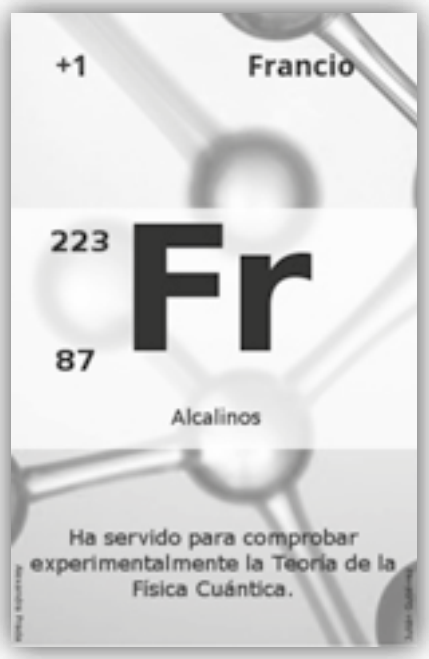



*Figura 1.* Carta de la tabla periódica.

A. *Juego de cartas*

Esta actividad tiene como uno de los objetivos que los alumnos no vean la tabla como algo que aprender de memoria y les sea aburrido. Por ello planteamos distintos juegos con cartas diseñadas por el profesor de la asignatura.

Los juegos son:

- *¿Quién es quién?*: se colocan por parejas y cada uno selecciona una carta de un montón. El objetivo es, con preguntas sobre el grupo, números de oxidación, número atómico y másico, características…, averiguar el nombre y símbolo del elemento.
- *Chinchón*: juegan por grupos y es igual que el juego popular de cartas con la baraja española del chichón, solo que tienen que conseguir elementos de un mismo grupo.
- *Formación de palabras*: usando las cartas, tienen que formar palabras con los símbolos de los elementos. Luego escribirlas en el cuaderno y poner símbolo, nombre, grupo, valencias…[4].

B. *Infografías*




*Figura 2.* Exposición en clase.

En esta parte del proyecto, los alumnos se dividen en grupos de 3 o 4 personas para investigar sobre un alquimista/químico. Deben buscar información sobre su vida, aportaciones a la química y en especial a la tabla periódica, libros o escritos que realizó y premios que le fueron otorgados. Finalmente esa búsqueda la plasmarán en una infografía realizada con un programa gratuito: Piktochart (*https://piktochart.com/*).

[4] GALLARDO GUTIÉRREZ, M. R. Jugando con la tabla periódica. *IV Congreso de docentes de Ciencias*.



Una vez realizado, los alumnos harán una exposición oral en clase, y grabarán posteriormente esa exposición en un audio no superior a 2 minutos con SoundCloud (*https://soundcloud.com/*) para incrustar un código QR en la infografía.

La idea final es poder crear para la jornada de puertas abiertas del centro escolar un museo con las infografías de la Evolución de la Tabla Periódica y que con un lector de código QR, el cual se posee en los móviles, los visitantes puedan escuchar la explicación del póster.

*Figura 3.* Grabación con SoundCloud para generar el audio con QR.




*Figura 4.* Infografías realizadas por los alumnos de 2.º ESO.

## II. Proyecto 3.º ESO: construcción tabla periódica

El trabajo en 3.º ESO lo hemos dividido en tres partes bien diferenciadas.

- En la primera, los alumnos debían elaborar un cubo sobre un elemento de la tabla periódica e incluir información relevante en cada una de las caras:
  - Nombre, símbolo y número atómico.

– Propiedades del elemento: radio atómico medio, configuración electrónica, masa atómica y estado ordinario.
– Curiosidades, usos y descubridores.
– Foto.

Con todos los cubos elaboramos una tabla periódica que colocamos en un lugar visible del centro, la portería.

- En la segunda, los alumnos debían buscar información bibliográfica sobre un elemento o grupo de la tabla periódica. Con frecuencia, cuando nuestros alumnos nos presentan trabajos, los profesores nos quejamos de la baja calidad, la falta de rigurosidad, el plagio… ¿Cuánto tiempo hemos dedicado en el aula a trabajar con ellos la elaboración de estos documentos?, ¿les hemos explicado qué fuentes pueden consultar y cómo deben citarlas? Utilizamos como referencia el libro *El secreto de Prometeo y otras historias sobre la tabla periódica de los elementos* de Alejandro Navarro Yáñez (2015), del que todos los alumnos disponían de una copia en papel. A partir de él los alumnos podían ampliar la información en varias fuentes bibliográficas y apps:
  – Aldersey-Williams, Hugh (2013), *La tabla periódica. La curiosa historia de los elementos*. Editorial Ariel[5].
  – Gray, Theodore (2011), *Los elementos*. Vox[6].
  – Parson, Paul (2014), *Guía ilustrada de la tabla periódica*. Editorial Ariel[7].
  – Sacks, Oliver (2007), *El tío Tungsteno: recuerdos de un químico precoz.* Editorial Anagrama[8].
  – Scerri, Eric (2013), *50 elementos químicos: qué son y qué representan*. Editorial Blume[9].




*Figura 5.* En la biblioteca del centro buscando información para nuestro trabajo.

Con la información seleccionada tenían que elaborar un documento de 4-6 páginas en el que se documentara la historia del elemento: cuándo comenzó a usarse, dónde se puede encontrar, cuáles son los usos habituales y curiosidades…

- En la tercera, toda la información recogida debían incorporarla en un póster multimedia realizado con el programa Glogster (*https://www.glogster.com/*).

[5] ALDERSEY-WILLIAMS, H. (2013). *La tabla periódica. La curiosa historia de los elementos*. Editorial Ariel.

[6] GRAY, T. (2011). *Los elementos*. Vox.

[7] PARSON, P. (2014). *Guía ilustrada de la tabla periódica*. Editorial Ariel.

[8] SACKS, O. (2007). *El tío Tungsteno: recuerdos de un químico precoz.* Editorial Anagrama.

[9] SCERRI, E. (2013). *50 elementos químicos: qué son y qué representan*. Editorial Blume.

### III. Proyecto 4.º ESO

Una de las dificultades con la que nos encontramos los profesores de ciencias es la reiteración de contenidos en la etapa de Secundaria. Por esta razón, para los trabajos que presentaron nuestros alumnos de 4.º hemos intentando darle una vuelta más al concepto de tabla periódica. Hemos aprovechado la noticia que la IUPAC publicó en su página web el pasado 30 de diciembre de 2015, el descubrimiento de los elementos con números atómicos 113, 115, 117 y 118, para reflexionar conjuntamente sobre la alquimia moderna. Si sabemos que a partir del uranio todos los elementos contenidos en la tabla periódica se obtienen de forma artificial, ¿cómo se obtienen estos elementos?, ¿qué interés suscita el descubrimiento de un nuevo elemento?… De esta forma, contextualizamos los contenidos de la asignatura de Física y Química con el mundo de nuestros alumnos y reflexionamos sobre las fronteras del conocimiento. Al mismo tiempo, seleccionamos la página de Mark Leach, que incluye un maravilloso compendio de tablas periódicas *http://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php*. A través de ellas, los alumnos han podido comprender que la tabla es simplemente una forma de organizar los elementos que conocemos, hay más agrupaciones posibles (algunas muy actuales).

## Conclusiones

Una vez realizado el proyecto y echando la vista atrás, es bueno hacer una revisión con datos objetivos de su realización. Para ello se revisan los artefactos.

- Seguimiento y continuo *feedback* para conseguir buenos resultados. A veces creemos que los alumnos son capaces de seguir nuestras instrucciones al pie de la letra, y la experiencia en cambio nos demuestra que no es así, como podemos ver en estas imágenes de los cubos entregados por los alumnos de 3.º ESO. Las instrucciones en este caso fueron cubos de 15 cm de lado.



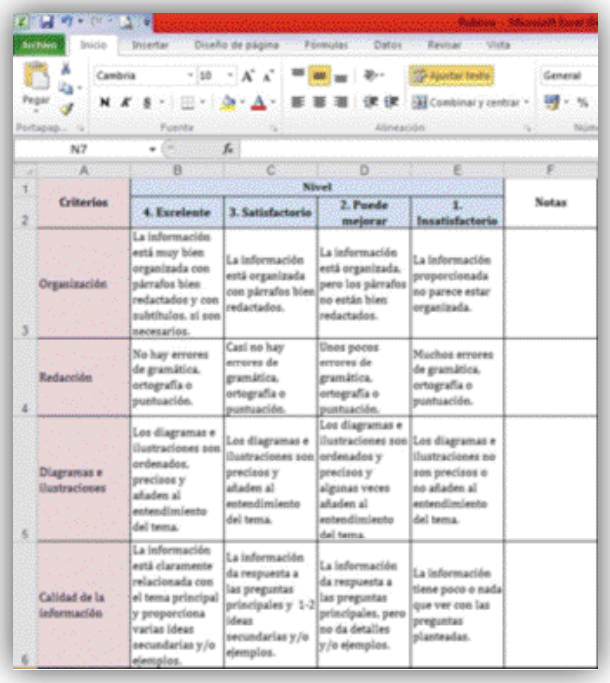

*Figura 6.* Cada alumno interpreta las medidas del cubo a su antojo.

Ante esta realidad nosotros como docentes solo podemos hacer una cosa, ser persistentes en nuestra evaluación y seguir de cerca el proceso de elaboración del trabajo. Solo así conseguiremos que nuestros alumnos obtengan el resultado esperado.

- Si queremos que nuestros alumnos presenten buenos trabajos académicos: índice, bibliografía, normas APA…, en algún momento tenemos que enseñarles a hacerlo. Creemos que la Educación Secundaria es el momento oportuno para que los alumnos aprendan a elaborar un informe. Y eso requiere de nuestra parte, acompañamiento, una dosis extra de paciencia y algo de mano izquierda. Cuando dejamos que ellos busquen información no piensan más allá de navegar por Internet y, ni eso, saben

hacerlo muchas veces de forma correcta. Por ello, debemos ofrecerles fuentes bibliográficas dentro del aula, acompañarlos en la búsqueda, enseñarles a seleccionar la información relevante, resumirla…

- Explicitar la rúbrica de evaluación con antelación ayuda a la obtención de buenos resultados. Es necesario que indiquemos claramente cuáles van a ser los criterios de calificación de nuestro trabajo. Si lo hacemos el alumno sabe qué factores van a condicionar su nota y es capaz de obtener mejores resultados.



| Criterios | Nivel | | | | Notas |
|---|---|---|---|---|---|
| | 4. Excelente | 3. Satisfactorio | 2. Puede mejorar | 1. Insatisfactorio | |
| Organización | La información está muy bien organizada con párrafos bien redactados y con subtítulos. si son necesarios. | La información está organizada con párrafos bien redactados. | La información está organizada, pero los párrafos no están bien redactados. | La información proporcionada no parece estar organizada. | |
| Redacción | No hay errores de gramática, ortografía o puntuación. | Casi no hay errores de gramática, ortografía o puntuación. | Unos pocos errores de gramática, ortografía o puntuación. | Muchos errores de gramática, ortografía o puntuación. | |
| Diagramas e ilustraciones | Los diagramas e ilustraciones son ordenados, precisos y añaden al entendimiento del tema. | Los diagramas e ilustraciones son precisos y añaden al entendimiento del tema. | Los diagramas e ilustraciones son ordenados y precisos y algunas veces añaden al entendimiento del tema. | Los diagramas e ilustraciones no son precisos o no añaden al entendimiento del tema. | |
| Calidad de la información | La información está claramente relacionada con el tema principal y proporciona varias ideas secundarias y/o ejemplos. | La información da respuesta a las preguntas principales y 1-2 ideas secundarias y/o ejemplos. | La información da respuesta a las preguntas principales, pero no da detalles y/o ejemplos. | La información tiene poco o nada que ver con las preguntas planteadas. | |



| Criterios | Nivel | | | | Notas |
|---|---|---|---|---|---|
| | 4. Excelente | 3. Satisfactorio | 2. Puede mejorar | 1. Insatisfactorio | |
| Diseño | Las gráficas están cortadas a un tamaño apropiado y en una forma interesante y están bien organizados, algunas al frente y otras atrás. Se prestó cuidado a balancear las fotos en toda la superficie de trabajo. | Las gráficas están cortadas a un tamaño apropiado y en una forma interesante y han sido arregladas con algunos elementos al frente y otros atrás. sin embargo. no parece haber balance. | Las gráficas han sido cortadas a un tamaño y forma apropiados, pero la forma en que se arreglaron los elementos no es muy atractiva. Parece que no hubo mucha planificación en el arreglo. | Las gráficas no están cortadas o tienen un tamaño y una forma que no son apropiados. Parece que se le dio muy poca atención al collage. | |
| Atención al tema | El estudiante da una explicación razonable de cómo cada elemento en el collage está relacionado al tema asignado. Para la mayoría de los elementos. la relación es clara sin ninguna explicación. | El estudiante da una explicación razonable de cómo la mayoría de los elementos en el collage están relacionados con el tema asignado. Para la mayoría de los elementos. la relación está clara sin ninguna explicación. | El estudiante da una explicación bastante clara de cómo los elementos en el collage están relacionados al tema asignado. | Las explicaciones del estudiante son vagas e ilustran su dificultad en entender cómo los elementos están relacionados con el tema asignado. | |
| Títulos y texto | Los títulos y el texto están escritos claramente y son fáciles de leer desde lejos. El texto varía en color, tamaño y/o estilo para los diferentes elementos del texto. | Los títulos y el texto están escritos claramente y pueden ser leídos de cerca. El texto varía en color, tamaño y/o estilo para los diferentes elementos del texto. | Los títulos y el texto están escritos claramente y son fáciles de leer de cerca. Hubo una pequeña variación en la apariencia del texto. | Los títulos y/o el texto son difíciles de leer, inclusive cuando el lector está cerca. | |
| Creatividad / Originalidad | El trabajo llama la atención por su originalidad y diseño. De los trabajos expuestos sería el primero al que te acercarías para verlo de cerca | El trabajo llama la atención por su originalidad y diseño. | El trabajo contiene algún elemento de originalidad y diseño. | No se ha tenido en cuenta el diseño y la originalidad del trabajo. | |

- La ciencia es un proceso colectivo, en continua evolución, sin verdades absolutas. Quizás sea este el más ambicioso de los objetivos a los que podemos aspirar en la enseñanza de la ciencia. La tabla periódica nos ofrece un marco incomparable para poder alentarlo: la multitud de tablas existentes, la complejidad de su evolución, la actualidad de la alquimia moderna…, constituyen verdaderas oportunidades de aprendizaje que no debemos desperdiciar.

## BIBLIOGRAFÍA


REAL DECRETO 1105/2014, de 26 de diciembre, BOE núm. 3, sábado 3 de enero de 2015, sec I. pp. 257-259.

ALDERSEY-WILLIAMS, H. (2013). *La tabla periódica. La curiosa historia de los elementos*. Editorial Ariel.

GRAY, T. (2011). *Los elementos*. Vox.

PARSON, Paul (2014). *Guía ilustrada de la tabla periódica*. Editorial Ariel.

SCERRI, E (2013). *La tabla periódica: una breve introducción,* Madrid, Alianza Editorial, p. 11.

SACKS, O. (2007). *El tío Tungsteno: recuerdos de un químico precoz.* Editorial Anagrama.

SCERRI, E. (2013). *50 elementos químicos: qué son y qué representan*. Editorial Blume.

# ¿Qué pasa aquí dentro?

Eva Vergaño Vera, M.ª Aránzazu Cárdenas Domingo

*Centro educativo: Colegio Santa Ana. C/ Cogolludo, 3. - 19003 Guadalajara*
santaanagu@planalfa.es / ebaconb@yahoo.com / arantxacardenas@hotmail.es

**Palabras clave:** Innovación educativa, investigación, aprendizaje cooperativo, cuerpo humano, exposición.

**Keywords:** Educational innovation, investigation, cooperative learning, human body, exhibition.

**Resumen**

*¿Qué pasa aquí dentro?* es un proyecto de innovación e investigación educativa desarrollado desde las áreas de Ciencias de la Naturaleza (6.º de Educación Primaria) y Biología y Geología (3.º ESO). Se trata de un trabajo de aprendizaje cooperativo que tiene la finalidad de que los alumnos conozcan en profundidad el funcionamiento del cuerpo humano.

Para desarrollar este proyecto, se emplearán siete aulas del colegio, donde los alumnos representarán libremente cada uno de los sistemas, los órganos que lo componen, recrearán su funcionamiento y darán información sobre las células y las enfermedades relacionadas. Se apoyarán en material audiovisual y en las TIC que consideren oportunas. De esta forma se creará una exposición que será visitada por todos los alumnos del centro.

**Abstract**

*What happens here?* Is a project of educational innovation and research developed from Natural Sciences (6th year of Primary School) and Biology and geology (3rd year of Secundary School) job which aims that the students learn deeply how the human body works.

To develop this project seven classrooms of school will be used, where students going to shape freely each of the body human systems and their organs, they going to recreate their performance and going to give information about cell and related illness. Students are supported by audiovisual material and TICs needed. By this way an exhibition will be created that will be visited by all students of school.

## Descripción

El proyecto consiste en transformar el colegio en el interior del cuerpo humano, dedicando distintas aulas a la representación de los sistemas locomotor, digestivo, excretor, respiratorio, reproductor, nervioso y circulatorio. Para ello, los alumnos deberán realizar un trabajo de investigación, ya que deberán averiguar

la función de cada órgano y cómo interactúa con el resto, así como las características de las células propias de cada sistema y las enfermedades que pueden sufrir.

El resultado final es una exposición que será visitada por todos los alumnos del centro. En esta exposición, los integrantes de cada uno de los grupos participantes tienen que ser capaces de explicar al público, tanto de forma escrita (carteles e información gráfica) como oral, la información relativa al sistema en cuestión, utilizando un lenguaje coloquial en el que introducirán términos de lenguaje científico.

## ¿POR QUÉ?

Los motivos que nos han llevado a realizar este trabajo son los siguientes:

- Hemos optado por 6.º EP y 3.º ESO porque ambos niveles trabajan o han trabajado contenidos comunes en las materias de CC. de la Naturaleza y Biología y Geología.
- Creemos que la innovación en el trabajo de aula permite fomentar el interés por el aprendizaje de la ciencia en los alumnos y les hace perder el miedo que, en muchas ocasiones, tienen a las asignaturas de esta rama.
- Investigación. Queremos comprobar los beneficios e inconvenientes que tiene el aprendizaje cooperativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de alumnos de distintas etapas.
- Educación en valores → Aprendizaje-servicio. En el colegio Santa Ana, se le da un papel protagonista a la educación en valores desde todas las áreas. Una forma de llevar a cabo esta educación desde nuestras materias es el aprendizaje-servicio, en el que los alumnos más mayores, a la vez que aprenden, participan activamente en la enseñanza de sus compañeros más pequeños.

## OBJETIVOS

El objetivo principal de *¿Qué pasa aquí dentro?* es, como hemos citado anteriormente, la profundización por parte de los alumnos en el funcionamiento del cuerpo humano.

Además, existen los siguientes objetivos secundarios:

- Afianzar y ahondar en los conceptos tratados en la materia de Biología de 3.º ESO.
- Ampliar los conocimientos que poseen acerca del cuerpo humano y su funcionamiento los alumnos de 6.º EP.
- Transmitir a los estudiantes la pasión por la ciencia a través de métodos de trabajo innovadores.
- Experimentación, por parte de los alumnos, de la satisfacción personal que supone la ayuda al prójimo.

## DESARROLLO

El proyecto está planteado en nueve sesiones en las que los alumnos de 6.º EP y de 3.º ESO pondrán en común sus conocimientos sobre el sistema que les toca trabajar, e incluso buscarán información de lo que no conocen en profundidad, pero les parece interesante mostrar.

Los grupos de trabajo son de ocho personas (cuatro alumnos de 6.º EP y cuatro de 3.º ESO), de forma que dentro de ese grupo estén distribuidos en parejas (uno de cada curso) para que el trabajo sea más eficaz.

1.ª SESIÓN

Los alumnos se presentan, se conocen y responden una serie de preguntas sobre «su sistema a trabajar» para poner en común sus conocimientos. Realizarán un test por parejas, distribuyendo esas parejas de forma que sean mixtas (uno de 6.º y otro de 3.º)



*Figura 1.* Uno de los test llevado a cabo por los alumnos.

2.ª SESIÓN

Se realiza una disección de órganos de cordero en el laboratorio, cada grupo de una parte del sistema que le toca trabajar. Esta vez la disección está dirigida por los alumnos de 3.º ESO, que previamente la han realizado en clase y conocen tanto la forma de hacerlo como las partes importantes en las que fijarse.



*Figura 2.* Trabajos de disección en laboratorio.



*Figura 3.* Disección del aparato respiratorio.

3.ª SESIÓN

Los alumnos piensan cómo diseñar su sala de museo y se distribuyen en pequeños equipos de trabajo para ser más eficaces. Cada equipo tratará de un aspecto concreto de su sistema: anatomía, fisiología, organización a nivel celular, enfermedades, etc.

4.ª A 8.ª SESIÓN

Trabajo cooperativo de los alumnos para diseñar su sala de museo. Se trata de diseñar algo donde «el visitante» experimente el estar dentro de esa parte del cuerpo, no se trata de algo solo informativo, sino de algo interactivo, algo experiencial. Unos con maquetas, otros con vídeos, otros con paneles informativos o con sonidos, tratan de dar protagonismo a ese sistema por el que está pasando el visitante.

9.ª SESIÓN

Presentación del museo. Cada grupo prepara su sala del museo y pasan por ella alumnos de 4.º EP, 2.º ESO, 4.º ESO y 1.º Bachillerato, que experimentarán lo que es ese sistema en el cuerpo humano y evaluarán cada sala y actividad.

## EVALUACIÓN

Las herramientas de evaluación a utilizar son:

- Registro. Observación directa en el aula durante el desarrollo de las distintas sesiones de trabajo cooperativo.
- Diario de clase. El responsable de cada grupo elaborará un diario de clase en cada una de las jornadas de trabajo. En este documento, reflejará el trabajo que ha realizado cada uno de sus compañeros, así como cualquier incidencia surgida durante la clase. La finalidad de estos diarios es completar las anotaciones hechas por el profesor.

- Coevaluación y autoevaluación. Formularios que rellenarán los alumnos al finalizar el proyecto.
- Formularios de evaluación realizados por alumnos de 1.º de Bachillerato. Dichos estudiantes elaborarán una serie de *cheklist* con distintos aspectos evaluables, tales como calidad de la presentación del material en la exposición, claridad y corrección de la información, uso del lenguaje científico, integración de las TIC…, y ellos mismos serán los encargados de completarlos con las notas correspondientes.

## Atención a la diversidad

En el caso de alumnos con necesidades especiales se deben establecer una serie de dinámicas que faciliten su aprendizaje y la relación con los compañeros.

Para los alumnos con TDAH se adoptan las siguientes medidas en el equipo de trabajo:

- Las tareas asignadas a estos niños serán supervisadas por el profesor o por algún compañero designado para tal fin.
- Se hará un guion con los pasos a seguir, ordenados, subrayando las palabras clave para centrar su atención.
- En cada paso, se indicará el tiempo límite en el que el trabajo debe estar terminado.

## Conclusiones

- El aprendizaje cooperativo permite una participación activa del estudiante, lo que facilita el aprendizaje significativo.
- Los alumnos con bajo rendimiento académico mejoran gracias al aprendizaje cooperativo, aunque la parte de trabajo personal sigue siendo deficiente. Aquí se demuestra la clara influencia de sus iguales.
- Los estudiantes con problemas de relación consiguen, por regla general, integrarse en el grupo y mejorar la relación con sus compañeros.
- Al ser grupos heterogéneos también en lo que a edad se refiere, se ha observado que los más pequeños han sido más activos a la hora de aportar ideas y los de mayor edad han guiado su trabajo y han marcado las pautas a seguir a la hora de ejecutar esas ideas.
- El esfuerzo de los alumnos de 3.º ESO ha sido destacable para poder transmitir a sus compañeros de Primaria la mayor cantidad de conocimientos posible.
- El objetivo de motivar a los alumnos para el estudio de las ciencias se ha visto cumplido al utilizar esta técnica de aprendizaje, ya que para ellos supone una forma amena y dinámica de adquirir conocimientos casi involuntariamente.
- Los problemas que surgen en las primeras sesiones de trabajo se van solventando a medida que los integrantes de cada grupo se van dando cuenta de que todos son responsables de la nota obtenida y de que el trabajo individual influye en los resultados grupales.
- Mediante el aprendizaje cooperativo los estudiantes desarrollan actividades con compañeros de distinto nivel intelectual, cultural, distinta edad y distinto grado de responsabilidad y madurez y con motivaciones e intereses diversos. Esto hace que desarrollen habilidades interpersonales y estrategias para resolver conflictos, favoreciendo la adquisición de competencias necesarias para desenvolverse en un futuro en la sociedad.

# La ciencia fuera del aula

# Los museos de ciencias en la formación de los futuros profesores. Una experiencia de aprendizaje-servicio

Elena Arbués

*Facultad de Educación y Psicología. Universidad de Navarra - 31009 Pamplona. Navarra (España)*
earbues@unav.es

**Palabras clave:** Enseñanza de ciencias, formación inicial, museos de ciencias, aprendizaje-servicio.

**Keywords:** Science teaching, initial training, science museums, service-learning.

**Resumen**

Desde nuestra posición en la universidad, como responsables de la formación inicial de los profesores de Educación Primaria, consideramos fundamental la buena preparación del profesor de ciencias. Entre los objetivos a lograr nos proponemos que los futuros maestros lleguen a valorar críticamente diversos recursos, métodos y estrategias didácticas aplicables a la enseñanza de las ciencias experimentales. En esta ocasión presentamos una experiencia de aprendizaje-servicio en la que invitamos a los alumnos universitarios a reflexionar sobre las posibilidades que un museo de ciencias ofrece como recurso educativo. De los beneficios educativos de esta metodología y sobre algunas de las opiniones de los alumnos tratamos en este trabajo.

**Abstract**

From our position at the university and as responsible for the initial training of primary school teachers, we consider essential the good science teacher preparation. We intend several objectives, including that future teachers come to critically evaluate various resources, teaching methods and strategies applicable to teaching the experimental sciences. This time we present a service-learning experience in which we invite the students to reflect on the possibilities a science museum offers as educational resource. We deal in this work about the educational benefits of this methodology and also we show some views of students.

## 1. Introducción

Diversas instituciones como la OCDE y la Comisión Europea señalan que una sociedad donde la ciencia y la tecnología tienen cada vez un mayor desarrollo e importancia, debería contar con ciudadanos que puedan tomar decisiones fundamentadas respecto a las mismas[1]. De ahí la importancia de propiciar

[1] Comisión Europea (2011). *La enseñanza de las ciencias en Europa. Políticas nacionales, prácticas e investigación*. Bruselas, EURYDICE, p. 176.

una adecuada formación en este campo, considerando que las ciencias pueden ayudar a los niños, a los jóvenes y, en general, al ciudadano a pensar de manera lógica sobre los hechos cotidianos y a resolver problemas prácticos[2]. Desde nuestra posición en la universidad, como responsables de la formación inicial de los profesores de Educación Primaria, consideramos fundamental la buena preparación del profesor de ciencias. Por eso nos preocupamos por aplicar determinadas metodologías que, sin duda, pueden contribuir a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en esta materia.

Desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales en el Grado de Educación procuramos que los futuros maestros adquieran dominio suficiente de los conocimientos científicos que se enseñan en Educación Primaria. Se pretende que, fundada en esa teoría, adquieran una práctica idónea de la clase que sirva para proporcionar a los alumnos de Primaria un adecuado aprendizaje de las ciencias. Entre los objetivos a lograr nos proponemos que los futuros maestros lleguen a valorar críticamente diversos recursos, métodos y estrategias didácticas. Una de nuestras propuestas es invitar a los alumnos universitarios a reflexionar sobre las posibilidades que un museo de ciencias ofrece como recurso educativo y orientarles en la adecuada programación de una visita escolar para alumnos de Primaria.

Desde nuestra circunstancia óptima de poder contar con un museo de ciencias naturales en la universidad en la que trabajamos, tratamos de proporcionar oportunidades a nuestros alumnos de unir la teoría de su formación inicial con la práctica de su futura iniciación profesional. Entendemos que las concepciones de los futuros maestros son importantes de cara a una actitud positiva frente a la eficacia y utilidad didáctica de las visitas a museos. Por eso hemos desarrollado la experiencia que presentamos con una triple finalidad: trabajar de forma explícita la forma de integrar en el currículo las visitas a museos; hacer conscientes a los futuros maestros de la mejora producida en el aprendizaje de los escolares; e intentar modificar sus modelos epistemológicos y didácticos como base fundamental para que incorporen estas estrategias en su futuro profesional.

De esta experiencia, tal y como la aplicamos con nuestros alumnos del Grado de Magisterio a través de la metodología del aprendizaje-servicio, y sobre algunas de las opiniones de los alumnos pasamos a tratar a continuación.

## 2. El papel de los museos en la enseñanza de las ciencias

En la actualidad, la mayoría de los escolares en niveles de educación obligatoria pasan alrededor del 20% de su tiempo en el contexto escolar. Sin embargo, suele considerarse a la escuela como el principal ámbito para aprender, si no el único. La realidad es bien distinta. El aprendizaje también tiene lugar en contextos sociales y culturales que se ofertan fuera del aula[3] además de, por supuesto, en el ámbito familiar.

La denominada educación no formal, la desarrollan aquellas instituciones, actividades, medios y ámbitos de educación que, no siendo escolares, colaboran para satisfacer y lograr determinados objetivos educativos. Dentro de ella existe una amplia variedad de instituciones e iniciativas[4], entre las que se encuentran los museos.

---

[2] HARLEN, W. (1989). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid, Morata, p. 239.

[3] NÁJERA, F. (2010). Los museos de ciencia, como una herramienta para superar algunos obstáculos epistemológicos de aprendizaje, *Latin-American Journal of Physics Education*, vol. 4, Suppl. 1, pp. 854-858.

MORENTÍN, M. (2013). Formación inicial del profesorado de primaria en visitas escolares a MYCC. Comunicación al IX congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, 2393-2397. [en línea], disponible en: http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art 703.pdf [consultado el 29/12/2013].

[4] TRILLA, J.; GROS, B.; LÓPEZ, F. y MARTÍN, M. J. (2003). *La educación fuera de la escuela. Ámbitos no formales y educación social*. Barcelona, Ariel.

Lo cierto es que el número de visitas organizadas a museos para escolares ha aumentado en muchos países en las dos últimas décadas y son evidentes los beneficios que de ellas se derivan[5]. Autores como Huerta defienden que el vínculo entre las escuelas y los museos es mucho más que un intercambio de saberes, de rasgos culturales, para convertirse en una búsqueda de nuevas formas de relación que permitan que ambas instituciones se potencien. La relación entre los ámbitos de educación formal y no formal es una temática emergente en educación y, en concreto, la relación entre la escuela y el museo[6].

En los últimos años se han realizado diversos estudios sobre el aprendizaje en los museos. Uno de ellos es el que realizaron en EE. UU. Feher y Rice[7], en el que utilizaron cuestionarios y entrevistas para saber qué aprendían los estudiantes y cómo lo hacían. Obtuvieron como resultado que, para que se produzca algún aprendizaje, tiene que haber conexión entre los contenidos conceptuales de la exhibición y los conocimientos previos de los escolares; y, además, se constata que el aprendizaje se facilita en los módulos más interactivos. Sobre este aspecto concluyeron que para obtener beneficio educativo de una visita, los escolares tienen que tener unas ideas previas adecuadas. Para ello convendrá que el profesorado integre la visita dentro de la programación de aula y trabajar, antes de la visita, los conceptos que tratarán en la misma.

En Inglaterra, el Department for Culture, Media and Sport (DCMS) junto con el Department for Education and Skills (DfES) pusieron en marcha un programa educativo en los museos de todo el país. Posteriormente llevaron a cabo tres estudios nacionales, entre 2003 y 2006, con el fin de evaluar el impacto del aprendizaje en los museos ingleses. Los resultados ofrecen datos interesantes sobre cuestiones como qué colegios utilizan los museos en mayor medida, su localización geográfica, cómo los profesores implementan las visitas, los objetivos que se persiguen, qué aprendizajes concretos realizan los alumnos, etc. Nos parece interesante destacar que, para la mayoría de los profesores, la conexión del contenido de la visita con el currículo escolar es esencial. Pero también hay algunos que la utilizan con un enfoque más flexible y creativo, observándose un gran aumento de proyectos interdisciplinares. Los escolares se entusiasman tanto con su experiencia en el museo como con el aprendizaje realizado. Precisamente es ese entusiasmo y disfrute de los estudiantes en el museo lo que los profesores más valoran[8].

En los últimos años también se ha abierto el paso a diversos enfoques didácticos que proponen técnicas, procedimientos y estrategias que guíen el trabajo de los docentes. Vamos a referirnos brevemente a algunas propuestas metodológicas que, en nuestra opinión, pueden actuar como fundamento común en ambos ámbitos, y sobre ellas sería posible diseñar la base de las visitas llevadas a cabo en el museo para que realmente sean complemento o continuación del aprendizaje escolar.

1. En primer lugar, el aprendizaje a través de los objetos reales expuestos. En los museos no solo se ofrece información sobre fenómenos artísticos o científicos, sino que conforman en parte la herencia cultural, permitiendo evocar, y a veces conocer, lo que ocurrió[9].

---

[5] Gilbert, J. K. y Priest, M. (2001). What do Primary Students gain from discussion about exhibist? In Errington, S., Stocklmayer, S. M. y Honeyman, B. (eds.). *Using museums to popularise science and technology*. London, Commonwealth Secretariat, pp. 117-130.

Serota, N. (2009). Museums and young people: Where are we now? In Bellamy, K. y Oppenheim, C. (eds.), *Learning to live. Museums, young people and education*. London, Institute for Public Policy Research and National Museum Director's Conference, pp. 21-29.

[6] Huerta, R. (2010). *Maestros y museos. Educar desde la invisibilidad*. Valencia, Publicaciones de la Universidad de Valencia, p. 214.

[7] Feher, E. y Rice, K. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), pp. 505-520.

[8] Hooper-Greenhill, E. (2007). *Museums and education: purpose, pedagogy, performance*. Oxford, Routledge, p. 252.

[9] Hidalgo, J. (2012). La adaptación al cambio de los Departamentos de Educación y Acción Cultural en la evolución de los museos: del simple *watching* al *learn by doing*. *Educación y futuro*, 27, pp. 67-79.

2. En segundo lugar, el acercamiento a lo que en ellos se exhibe a través del aprendizaje por descubrimiento. En concreto los museos de ciencias ofrecen la oportunidad de descubrir y experimentar con diversos objetos[10].
3. En tercer lugar, el trabajo de investigación por proyectos, lo que supone permitir a los alumnos formular preguntas; investigar para encontrar respuestas a sus preguntas; plantear hipótesis; documentar el proceso y los resultados, desarrollando la creatividad en las formas de presentación; y, finalmente, expresar verbalmente o gráficamente los resultados[11].
4. En cuarto lugar, el trabajo en grupo y el aprendizaje cooperativo. Hay autores que apuntan a que una de las razones del éxito de los museos es que crean ambientes que facilitan la interacción social y el aprendizaje colaborativo[12].
5. En quinto lugar, el museo como recurso para potenciar el aprendizaje basado en problemas. De esta forma se propicia el aprendizaje significativo y se promueven una serie de habilidades y capacidades intelectuales[13].
6. Por último, la propuesta de las inteligencias múltiples de Gardner. Para algunos investigadores resulta un magnífico modelo para hacer del museo una alternativa de aprendizaje informal donde estén representadas la pluralidad de capacidades e inteligencias de los visitantes[14].

Sin duda el trabajo conjunto entre educador del museo y profesor de la escuela puede propiciar la conexión de los contenidos trabajados dentro y fuera del museo. La coordinación y el entendimiento de las formas en que trabajan las dos instituciones permitirán desarrollar proyectos educativos en común y organizar de forma eficaz la visita al museo.

## 3. El Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Navarra en la formación inicial del profesorado

El origen del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Navarra[15] es el Museo de Zoología de la misma universidad, que surgió fruto de la labor investigadora y docente del Departamento de Zoología y Ecología desde su creación en 1966[16] (Echarri y Baquero, 2008). En total son casi 7000 piezas, parte de las cuales pueden contemplarse en 94 vitrinas distribuidas en las cinco plantas del edificio de

---

MARCUS, A. S., LEVINE, T. H. y GRENIER, R. S. (2012). How secondary History teachers use and think about museums: current practises and untapped promise for promoting historical understanding. *Theory & Research in Social Education*, 40, pp. 66-97.

[10] SÁNCHEZ-MORA, C. (2004). Los museos de ciencia, promotores de cultura científica. *Elementos*, 53, pp. 35-43.

[11] MCMULLIN, E. (1988). The goals of natural science. En HRONSZKY, I., FEHÉR, M. y DAJKA, B. (eds.). *Scientific Knowledge Socialized*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 27-58.

[12] DIERKING, L. D.; LUKE, J. J. y BÜCHNER, K. S. (2003). Science and technology centres rich resources for free choice learning in a knowledge-based society. *International Journal Technology Management*, 25(5), pp. 441-459.

[13] PÉREZ, Y. y CHAMIZO, J. A. (2011). Los museos: un instrumento para el aprendizaje basado en problemas (ABP). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8(3), pp. 312-322.

[14] BUNNEY, A. (2010). Beyond the children's Gallery: the influence of children on the development of the science museum. In MORRIS, P. J. T. *Science for the nation. Perspectives on the history of the science museum*. London, Science Museum, pp. 194-211.

[15] Cfr. http://www.youtube.com/watch?v=JRrS_18X5TU&list=ECD49BF261426A72E7

[16] ECHARRI, F. y BAQUERO, E. (2008). *Museo de Ciencias Naturales: Universidad de Navarra.* Pamplona, Universidad de Navarra, Facultad de Ciencias.

la Facultad de Ciencias. Incluye entre sus fondos expuestos una colección de zoología; una sección de minerales, rocas y fósiles; y una muestra de antiguos recipientes, útiles y aparatos usados antaño en farmacia, química y fotografía, así como las cajas didácticas usadas por los RR. PP. Capuchinos en el colegio de Lekároz[17].

Del museo se benefician los profesores en su docencia y los investigadores que, también de forma virtual, pueden acceder a los datos científicos de las colecciones expuestas. Pero el museo surgió con una clara proyección divulgativa y didáctica y es accesible a todas las personas que quieran visitarlo, entre los que se encuentran grupos de escolares. En este sentido se planteó la colaboración que desde el Departamento de Educación podemos llevar a cabo para lograr que las visitas sean un recurso eficaz y valioso para los colegios. Nuestra colaboración con el museo se viene desarrollando desde el curso académico 2013-2014. En esa primera ocasión nuestro propósito fue ofrecer la oportunidad a los estudiantes universitarios, como futuros profesores, de reflexionar sobre las posibilidades que un museo ofrece como recurso educativo y orientarles en la adecuada programación de una visita escolar. Los alumnos, por grupos, elaboraron sus programaciones[18].

Tras finalizar sus trabajos colaboraron en la realización de una visita de escolares al museo. Esto les permitió no solo poner en práctica las actividades diseñadas por ellos, sino poder compartir el desarrollo de una actividad con los profesores de los escolares. Pedimos a nuestros alumnos que manifestaran su valoración sobre la experiencia desarrollada y sobre la posibilidad de aprendizaje de los escolares en las visitas a los museos. Nuestros estudiantes manifestaron ser conscientes de que se aprende eficazmente en los contextos no formales. Los museos son valorados por parte de los futuros profesores como un recurso importante que fomenta el aprendizaje curricular de los escolares; consideran que las visitas a museos pueden contribuir a aumentar su motivación y a fomentar en ellos actitudes y valores positivos, si bien destacan la necesidad de programar la visita y de la colaboración entre el personal del museo y el profesorado.

Los dos últimos años, desde el curso 2014-2015, venimos desarrollando una experiencia docente de aprendizaje-servicio[19]. Esta metodología busca fomentar, por una parte, la participación comprometida de los estudiantes en el proceso enseñanza-aprendizaje y, por otra, fortalecer el componente de entrega de un servicio de calidad a la comunidad, potenciar el pensamiento crítico y la resolución de problemas, fomentar una actitud responsable y de compromiso hacia la conservación del entorno y motivar la reflexión formal durante la experiencia.

Pasamos a describir la actividad que desde entonces venimos desarrollando y las opiniones que los alumnos manifestaron al respecto. Si bien antes, brevemente, explicamos esta metodología.

### 3.1. Descripción de la experiencia de Aprendizaje-Servicio

El origen de esta práctica pedagógica, en la segunda mitad del siglo XX, lo encontramos en Estados Unidos donde el afán por educar a las nuevas generaciones para vivir en democracia fue una constante durante el siglo pasado. Es así como fraguó la idea de universidad con una clara misión cívica y vocación de servicio público, de forma que las instituciones de educación superior permitan y sostengan una ac-

[17] Salinas, J. A. y Ariño, A. H. (2000). *Las colecciones del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Navarra. I. Vertebrados*. Serie Zoología, 27, Pamplona, Servicio de publicaciones de la Universidad de Navarra, p.103.

[18] Una descripción más pormenorizada de esta experiencia puede encontrarse en Arbués, E. y Naval, C. (2014). Los museos como espacios de aprendizaje desde la perspectiva del profesorado. *Education Science and Society*, 5(2), pp. 35-63.

[19] Cfr. Arbués, E. (2015). Aprender a enseñar ciencias en la universidad. Algunas propuestas metodológicas. *Opción*. Año 31, n.º Especial 6, pp. 55-73.

tiva relación con la sociedad civil y una voluntad expresa de preparar a ciudadanos responsables para la vigorización y regeneración de la democracia[20].

En el ámbito europeo es en Inglaterra, Irlanda y los países nórdicos donde ha alcanzado mayor desarrollo esta metodología y filosofía. Sin embargo el recorrido de esta pedagogía cívica en la universidad ha mostrado en términos generales un avance relativamente lento. En España se comenzó a hablar de ella, en el ámbito de la educación escolar, en torno al año 2000. Su presencia entre las actividades curriculares de las instituciones educativas se ha acelerado llegando a tomar vigor en los últimos años.

A lo largo de estos años se han acuñado diversas definiciones para el término *aprendizaje-servicio*. Puig *et al.* entienden el aprendizaje-servicio como una propuesta educativa que combina procesos de aprendizaje y de servicio a la comunidad, en un único proyecto bien articulado, en el que los participantes aprenden a la vez que trabajan en necesidades reales del entorno con la finalidad de mejorarlo[21]. Estudios y experiencias llevadas a cabo muestran que esta metodología tiene efectos positivos en los estudiantes en diversas áreas.

En el nivel de enseñanza universitario, a partir del nuevo marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), se busca incorporar, a nivel metodológico, la valoración de los resultados de aprendizaje a través del desarrollo de competencias; y además estas se definen y se integran en todas las titulaciones y créditos. Esto afecta también a la innovación docente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, considerando aproximaciones didácticas y metodológicas que favorezcan el aprendizaje significativo y la adquisición de determinadas competencias por parte del alumnado universitario. En este sentido parece muy conveniente tener en cuenta algunas orientaciones metodológicas como son: contextualizar los aprendizajes, partir de situaciones reales, tener en cuenta las motivaciones y los intereses del alumnado, priorizar el pensamiento crítico, favorecer el trabajo colaborativo o llevar a cabo una evaluación formativa. Sin duda alguna, entre las experiencias de aprendizaje que pueden favorecer estos objetivos figura el aprendizaje-servicio.

Pues bien, este es el marco en el que nos situamos al plantear una práctica curricular en el Museo de Ciencias. A los alumnos se les pide que elaboren la programación y el diseño de las actividades que se llevarían a cabo en una visita al museo de un grupo de escolares de cualquier curso de Educación Primaria. Para realizarla deben considerar los contenidos del currículo escolar y las características psicoevolutivas de los niños de una u otra edad. La visita programada deberá tener un componente didáctico además de un claro componente lúdico. Tras finalizar sus trabajos, los alumnos colaboraron en la realización de una visita de escolares al museo. Esto les permitió no solo poner en práctica las actividades diseñadas por ellos, sino poder compartir el desarrollo de una actividad con los profesores de los escolares. Entendemos que desde la universidad se puede aportar una formación que no solo considere, sino que integre, utilice y potencie el uso de los museos desde un enfoque colaborativo.

En esta ocasión, además, pedimos a nuestros alumnos, un total de 35, que manifestaran su valoración sobre la experiencia de aprendizaje-servicio desarrollada y sobre lo que su realización les ha aportado en cuanto al impulso de capacidades, habilidades y actitudes que contribuyen a su propio desarrollo competencial. De esto pasamos a tratar a continuación.

### 3.2. Opiniones de los alumnos

La experiencia docente de aprendizaje-servicio que llevamos a cabo busca fomentar, por una parte, la participación comprometida de los estudiantes en el proceso enseñanza-aprendizaje y, por otra, fortale-

---

[20] SANTOS REGO, M. A. (2013). ¿Para cuándo las universidades en la agenda de una democracia fuerte? Educación, compromiso y aprendizaje cívico en América. *Revista de Educación*, 361, pp. 565-590.

[21] PUIG, J. M.; BATLLE, R., BOSCH, C. y PALOS, J. (2007). *Aprendizaje Servicio. Educar para la ciudadanía*. Barcelona, Octaedro.

cer el componente de entrega de un servicio de calidad a la comunidad, potenciar el pensamiento crítico y la resolución de problemas, fomentar una actitud responsable y de compromiso hacia la conservación del entorno y motivar la reflexión formal durante la experiencia.

Para tratar de averiguar hasta qué punto lo conseguimos confeccionamos un cuestionario de 40 ítems de respuesta cerrada a elegir entre las opciones que se les ofrecen. A continuación mostramos las actitudes, capacidades y habilidades que la experiencia les ha permitido desarrollar, según las opiniones de los alumnos.

*Sobre las capacidades y habilidades desarrolladas*

Como puede verse en la *tabla 1*, los alumnos destacan en un alto porcentaje haber tenido la posibilidad de desarrollar la participación activa, la relación con la comunidad, la iniciativa, el trabajo interdisciplinar y la resolución de problemas.

En menos porcentaje consideran haber trabajado la promoción del desarrollo sostenible. Hoy en día esta es una cuestión ineludible en la enseñanza de las ciencias; por eso consideramos importante potenciarlo en los próximos cursos.

Por otro lado, los alumnos valoran negativamente la posibilidad que se les ha brindado de comunicarse en lengua extranjera. El auge que en nuestro sistema escolar está tomando el aprendizaje de lenguas integrado nos invita a incorporarlo en las posibles visitas al museo.

| | Bastante/Mucho | Indiferente | Poco/Nada |
|---|---|---|---|
| Participación activa | 100% | | |
| Relación con la comunidad | 94% | | 6% |
| Iniciativa y espíritu emprendedor | 94% | 3% | 3% |
| Trabajo interdisciplinar | 91% | 3% | 6% |
| Resolución de problemas | 82% | 9% | 9% |
| Aprendizaje permanente | 82% | 6% | 12% |
| Capacidad crítica | 76% | 15% | 9% |
| Aprendizaje autónomo | 64% | 18% | 18% |
| Promoción del desarrollo sostenible | 61% | 18% | 21% |
| Comunicación lengua extranjera | 9% | 9% | 82% |

*Tabla 1*. Valoración de los alumnos sobre las capacidades y habilidades desarrolladas.

*Sobre las actitudes sociales y cívicas puestas en práctica*

En la *tabla 2* vemos cómo los alumnos destacan que con esta actividad han podido compartir con los demás, trabajar en colaboración, participar en la consecución del bien común y experimentar que forman parte de la comunidad.

Entendemos que, en definitiva, la experiencia les ha posibilitado reflexionar sobre su responsabilidad social y posibilidad de participación.

| | Bastante/Mucho | Indiferente | Poco/Nada |
|---|---|---|---|
| Compartir con los demás | 100% | | |
| Trabajo en colaboración | 97% | 3% | |
| Consecución del bien común | 97% | 3% | |
| Formo parte de una comunidad | 91% | 9% | |
| Responsabilidad social | 79% | 18% | 3% |
| Mejorar una situación | 61% | 27% | 12% |
| Conocer realidad social | 61% | 15% | 24% |
| Escuchar y dialogar | 61% | 30% | 9% |

*Tabla 2*. Valoración de los alumnos sobre las actitudes sociales y cívicas puestas en práctica.

## 4. CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos nos animan a seguir trabajando en esta línea y a continuar proporcionando a los futuros profesores experiencias que contribuyan a su desarrollo competencial. Nuestros estudiantes han manifestado ser conscientes de que se aprende eficazmente en los contextos no formales. Valoran los museos como un recurso importante que fomenta el aprendizaje curricular de los escolares, si bien destacan la necesidad de programar la visita y de la colaboración entre el personal del museo y el profesorado. La práctica de aprendizaje-servicio que los alumnos han realizado contribuye no solo a que sepan hacer, mejorando sus competencias profesionales; sino también a que conozcan el medio en el que trabajan, a que sean capaces de analizarlo críticamente y a que puedan prestar un servicio de calidad a la comunidad. Esta metodología nos ha resultado útil para basar el aprendizaje de los estudiantes en la experiencia real vivida con alumnos de Educación Primaria, para conectar con sus motivaciones y para fomentar su participación comprometida en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Al vincular la teoría con la práctica, las aulas con el entorno profesional, posibilita acercar a los estudiantes a un entorno de aprendizaje profesional real. En este sentido, el aprendizaje-servicio se presenta como una metodología pedagógica que posibilita una práctica coherente capaz de mejorar la enseñanza en la educación superior[22].

El propósito de mejorar la metodología didáctica proviene, en parte, de las continuas transformaciones sociales y de los nuevos conocimientos alcanzados en torno al proceso de aprendizaje. Consideramos que la práctica experimental, la metodología de aprendizaje-servicio así como la diversidad de propuestas y enfoques metodológicos, ofrecen al profesor de ciencias todo un abanico de posibilidades. Reiteramos la necesidad de la formación inicial y permanente del profesorado. Además de conocer su disciplina, convendrá también que se mantenga actualizado en el conocimiento de los puntos de vista vigentes sobre la enseñanza de las ciencias.

En este contexto la enseñanza hoy, como siempre, puede realizarse utilizando medios y vías distintas a las utilizadas en años precedentes. Entre esos medios se encuentran los museos. Conviene destacar que en los últimos años se han acometido propuestas que, como mecanismos de integración, permiten acercar la escuela al museo. Podemos destacar, entre otras: la imagen virtual vinculada con los dispositivos

[22] BUTIN, D. W. (2006). Special Issue: Introduction. Future Directions for Service Learning in Higher Education. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 18(1), pp. 1-4.

electrónicos y las TIC, las webs de los museos que posibilitan preparar una visita presencial, y las investigaciones llevadas a cabo y su mayor difusión. El mundo de los museos demuestra una vitalidad que les lleva a diversificar sus propuestas y a la constante actualización[23]. Ante esta realidad la universidad, como institución que prepara a investigadores, profesores y a futuros profesionales del ámbito de los museos, no puede permanecer al margen.

Quizá ahora ha llegado el momento de impulsar con mayor empeño la investigación. Los museos tienen un compromiso adquirido con respecto al conocimiento y la investigación, en particular, cooperar con instituciones como las universidades que poseen intereses similares respecto a las colecciones[24]. De ahí que pueden encontrarse en disposición de potenciar la investigación y de dar a conocer la que ya realizan. Para llevarlo a cabo, Peñuelas i Reixach señalan varias opciones: contratar a personal investigador ya formado en las universidades y centros de investigación reconocidos, formar a su propio personal investigador o firmar convenios con dichas universidades y centros de investigación[25]. Posiblemente esta labor se vea facilitada en aquellas universidades que, contando con investigadores y colecciones culturales, dispongan de un museo.

[23] Flórez Crespo, M. (2008). El papel de las universidades, el caso de León, *Museo*. n.º 13, pp. 280-289, [en línea], disponible en: http://www.apme.es/revista/museo13_280.pdf [consultado el 27/12/2013].

[24] International Council of Museums (2013). ICOM Code of Ethics for Museums, [en línea], disponible en: http://icom.museum/fileadmin/user_upload/pdf/Codes/code_ethics2013_eng.pdf[consultado el 30/12/ 2013].

[25] Peñuelas i Reixach, L. (2008). Los museos universitarios: definición y normativa aplicable. *Revista de museología*, n.º 43, pp. 23-27.

# Argumentación y modelos explicativos sobre conceptos relacionados con los gases

José Julián Gálvez Idárraga

*Universidad Tecnológica de Pereira - 660004 Pereira, Colombia*
jjgalvez@utp.edu.co

Francisco Javier Ruiz Ortega

*Universidad de Caldas - 170004 Manizales, Colombia*
francisco.ruiz@ucaldas.edu.co

**Palabras clave:** Argumentación en ciencias, concepciones sobre gases, experiencias argumentativas.

**Keywords:** Argumentation in science, conceptions of gases, argumentative experiences.

**Resumen**

El trabajo realizado estuvo centrado en identificar las relaciones que podían presentarse tras la incorporación de una estrategia de enseñanza que denominamos «experiencias argumentativas» y el cambio en las concepciones de conceptos relacionados con los gases. La investigación se desarrolló en una institución educativa privada con una población de 30 estudiantes de grado 9, con edades entre los 14 y 15 años; la metodología se dividió en tres momentos: primer momento, aplicación inicial de cuestionario; segundo momento, desarrollo de las experiencias argumentativas, y el tercer momento, segunda aplicación del mismo cuestionario, donde se pudieron identificar los cambios tanto en la argumentación como en la postura explicativa de los estudiantes.

**Abstract**

The work completed was focused on identifying relations that might arise after the incorporation of a teaching strategy we call «argumentative experiences» and changing conceptions of concepts related to gases. The research was conducted at a private school with a population of 30 Grade 9 students, aged between 14 and 15 years; the methodology was divided into three stages: First, initial application questionnaire; second time, development experiences and argumentative, the third time, second application of the same questionnaire, where they could identify changes both in argument and in the explanatory posture of students.

## Introducción

Una de las preocupaciones generalizada en profesores de ciencias se refiere a la superficialidad con la cual aprenden los estudiantes varias de las temáticas que pretenden ser enseñadas en la clase de Química, Física o Biología, lo cual se evidencia en la facilidad con la que olvidan los temas o bien la forma en la que construyen sus respuestas, ya que estas se basan, en la gran mayoría de casos, en experiencias empíricas poco fundamentadas en aspectos teóricos o científicos; en terminos de Pozo, J. I. y Gómez (2000)[1], son respuestas intuitivas o cotidianas muchas veces restringidas de la realidad científica.

La investigación que se quiere compartir hace referencia a indagar cómo la incorporación de experiencias argumentativas puede transformar en los estudiantes los modelos explicativos sobre los cuales fundamentan sus respuestas específicamente en lo que concierne al concepto *gases*.

Inicialmente tendremos que decir que la enseñanza de las ciencias se ha caracterizado por la orientación hacia desarrollos puramente conceptuales, dejando de lado la potenciación de competencias de orden procedimental, comunicativo y actitudes que favorezcan la aceptación de la ciencia como una construcción humana que emerge desde las discusiones y debates gestados al interior de las comunidades científicas.

En este sentido, se hace necesario fortalecer el desarrollo de procesos al interior y fuera del aula, que permitan orientar la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva con enfoque dialógico. Actualmente, las teorías sobre el aprendizaje lo consideran un proceso en el que el conocimiento se da como una construcción social, donde el diálogo y las interacciones juegan un papel determinante (Osborne, 2012)[2]. Esta clase de educación está centrada en promover rutas en las cuales quien busca aprender logre alcanzar niveles de aprendizaje de orden superior, como lo es el aprendizaje en profundidad. Sin embargo, la educación en Ciencias Naturales ha priorizado el desarrollo de contenidos y de temáticas al interior del aula, se ha limitado a la transmisión de temas quedándose en aspectos netamente reproductivos o memorísticos, que han dejado de lado los procesos argumentativos, que, como lo manifiestan Ruiz, Tamayo y Márquez (2011)[3], promueven aprendizajes profundos.

Asimismo, la forma en la cual el maestro guía su clase puede motivar a los estudiantes a aprender de una manera superficial o bien hacerlo de una manera profunda. Potenciar la argumentación a través de clases desarrolladas bajo premisas de diálogo involucra al estudiante como actor principal de su propio proceso de aprendizaje, abandona una postura pasiva y asume otra activa que lo motiva a comprender, indagar, teorizar, relacionar nuevas ideas con conocimientos previos, en definitiva, el estudiante asume una postura con motivación intrínseca que le permite tener una concepción más profunda de su educación (Abalde *et al*., 2001)[4].

Lo anterior evidencia la necesidad de realizar propuestas para la construcción y reconstrucción de perspectivas que acompañen la argumentación, que faciliten un aprendizaje apoyado en los trabajos colaborativos, en las discusiones dialógicas, en los debates. Con ello, en lugar de memorizar y repetir, lo que el aprendiz hace es exponerse a la crítica y, a la vez, proponer críticas argumentadas para lograr comprender de mejor manera los conceptos estudiados. Esto trae como consecuencia, más que un almacenamiento de contenidos, un desarrollo cognitivo y conceptual que no se olvida, que permite continuar construyen-

---

[1] Pozo, J. I. y Gómez, M. A. (2000). *Aprender y enseñar ciencia.* Madrid, Ediciones Morata, S. L.

[2] Osborne, J. (2012). The Role of Argument: Learning How to Learn in School Science. En B. J Fraser (Ed.), *Second International Handbook of Science Education.* New York, Editorial Springer, pp. 933-949.

[3] Ruiz, F. J.; Tamayo-Alzate, O. E. y Márquez, C. (2011). *Teachers` change of conceptions on argumentation and its teaching*. Lyon, Esera.

[4] Abalde, E.; Muñoz, M.; Buendía, L.; Olmedo, E. M.; Berrocal, E.; Cajide, J.; Soriano, E.; … y Maquilón, J. J. (2001). *Los enfoques de aprendizaje en estudiantes universitarios españole*s, 19(2), p. 467.

do conocimiento sobre esta nueva base (Larraín, 2009)[5]. En definitiva, la argumentación se convierte en el hilo conductor que va a permitir llevar al estudiante a niveles de aprendizaje de orden superior que fortalecerán su formación para la vida, por ello, existe una postura generalizada de que la participación de los estudiantes en discusiones argumentativas contribuye al desarrollo conceptual y epistemológico de la educación en ciencias (Driver, Newton y Osborne, 2000[6]; von Aufschnaiter *et al*., 2008)[7].

En consonancia con lo anterior, Jiménez-Aleixandre y Erduran (2008)[8] proponen que el desarrollo de procesos argumentativos promueve el desarrollo de procesos metacognitivos que facilitan el mejoramiento de competencias comunicativas y la forma en la cual los estudiantes hablan y escriben el lenguaje de la ciencia. Por este motivo, aquellos estudiantes que han sido inmersos en procesos de argumentación pueden comprender los fenómenos científicos desde perspectivas más complejas, fundamentadas no en visiones empíricas, sino en propuestas esbozadas desde planteamientos científicos.

Todas estas menciones, tratan de ilustrar cómo propuestas didácticas basadas en la argumentación pueden influir de forma positiva en la comprensión de los fenómenos por parte de los estudiantes. Es en este punto donde cobran importante relevancia lo que hemos denominado «experiencias argumentativas»; talleres que involucran situaciones socialmente relevantes para el estudiante, diseñados para trabajar desde la argumentación y que le permiten adquirir un conocimiento científico partiendo de situaciones cercanas a él. Aprender ciencias requiere de diferentes explicaciones teóricas y de debates que se gestan al interior de discusiones apoyadas en explicaciones científicas y en la generación de distintos ejemplos (Duschl y Osborne, 2002[9]; Kaya, 2013)[10].

Por todo lo expuesto anteriormente, el objetivo del presente trabajo se centró en establecer relaciones entre la incorporación de las experiencias argumentativas como estrategia de enseñanza y el cambio en las concepciones de conceptos relacionados con gases.

## Metodología

El trabajo se realizó con 30 estudiantes de grado 9 del colegio Bethlemitas ubicado en la ciudad de Pereira (Colombia). Es una investigación de corte descriptivo-comprensivo que fue desarrollada en tres momentos: primero, la identificación en los estudiantes, mediante un cuestionario de pregunta abierta, de los modelos explicativos sobre el concepto estudiado y su manera de argumentar; segundo, la intervención en el aula, mediante las llamadas experiencias argumentativas; tercero, la evaluación de los cambios en las perspectivas explicativas y en los niveles argumentativos, aplicando el mismo cuestionario inicial.

---

[5] Larraín, A. (2009). El rol de la argumentación en la alfabetización científica. *Estudios Públicos* 116, pp. 167-193.

[6] Driver, R.; Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, pp. 287-312.

[7] Von Aufschnaiter, C.; Erduran, S.; Osborne, J. y Simon, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), pp. 101-131.

[8] Jiménez-Aleixandre, M. P. y Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: An overview. Chapter. In Erduran S. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (eds.). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Editorial Springer, pp. 3-27.

[9] Duschl, R. A. y Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, pp. 39-72.

[10] Kaya, E. (2013). Argumentation Practices in Classroom: Pre-service teachers' conceptual understanding of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 35:7, 1139-1158.

El análisis de contenido cualitativo (Denzin y Lincoln, 2005[11]; Ying, 2009[12]) se realizó desde dos perspectivas: descriptiva e interpretativa. La descriptiva trata de identificar, antes y después de la aplicación del cuestionario, los dos aspectos siguientes: nivel argumentativo y dominio conceptual reflejado en la perspectiva explicativa desde la cual los estudiantes abordan los fenómenos. Para el caso específico del análisis de la estructura argumentativa, se tuvo como apoyo la perspectiva Toulmin (2003)[13] y la adaptación realizada a la escala de niveles argumentativos propuesta por Erduran, Simon y Osborne (2004)[14] (ver *figura 1*).

El análisis interpretativo, se realizó bajo la perspectiva del análisis del discurso. Los datos fueron los registros escritos de la aplicación, en dos momentos, del cuestionario; las respuestas escritas y las grabaciones en video de las discusiones expuestas por las estudiantes al tratar las denominadas experiencias argumentativas.

| NIVELES ARGUMENTATIVOS | |
|---|---|
| NIVEL | DESCRIPCIÓN |
| 1 | Comprende argumentos que solo presentan conclusion (es) o evaden la pregunta formulada. |
| 2 | Comprende argumentos en los que se identifican con claridad los datos (data) y conclusión (es) (claim), presentando poca o ninguna relación entre dichos elementos. |
| 3 | Comprende argumentos en los que se identifican con claridad los datos (data), conclusión(es) (claim), justificación(es) (warrants) y/o refutaciones presentando poca o ninguna relación entre dichos elementos. |
| 4 | Comprenden argumentos en los cuales se identifican con claridad datos (data) y conclusion(es) (claim); con coherencia entre dichos elementos. |
| 5 | Comprende argumentos en los que se identifican con claridad los datos (data) , conclusión(es) (claim), justificación(es) (warrants), y/o refutaciones con coherencia entre dichos elementos. |
| 6 | Comprende argumentos constituidos por datos, conclusiones (claim), justificaciones (warrants) haciendo uso de cualificadores (qualifiers) o respaldo teórico (backing) y con coherencia entre dichos elementos. |
| 7 | Comprende argumentos en los que se identifican datos, conclusión(es), justificación(es), respaldo(s), contraargumento(s); con coherencia entre dichos elementos. |

*Figura 1.* Tabla de niveles argumentativos.

Igualmente, fueron cuatro las perspectivas identificadas desde las cuales los estudiantes podían realizar sus explicaciones: primera, una perspectiva macroscópica enfocada solo en aspectos sensoriales; segunda, basada en la interacción de variables como temperatura, volumen, presión y densidad; tercera, basada en aspectos cinético-moleculares, y finalmente la cuarta, la cual combina la interacción de variables y aspectos cinético moleculares.

---

[11] DENZIN, N. K. y LINCOLN, Y. S. (eds.) (2005). *The Sage Handbook of Quali- tative Research, Thousand Oaks*. California, Sage, p. 1193.

[12] YING, R. (2009). *Case study research: design and methods*. USA. Sage Publications, p. 282.

[13] TOULMIN, S. (2003). Campos de argumentación y términos modales. En MORRÁS, M. y PINEDA, V. (eds.). *Los usos de la argumentación*. Barcelona, PR: Ediciones Península. pp. 29-67.

[14] ERDURÁN, S. SIMON, S. y OSBORNE, J. (2004). Taping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), pp. 915-933.

## Resultados y análisis

Como se mencionó anteriormente, el análisis se realiza a los datos obtenidos tras la aplicación, en dos ocasiones, de un cuestionario: la primera, antes de iniciar el proceso de intervención con los estudiantes y, la segunda, después de haber transcurrido seis semanas de la intervención didáctica. En la figura 2, se puede observar la variación del nivel argumentativo antes y después del proceso:

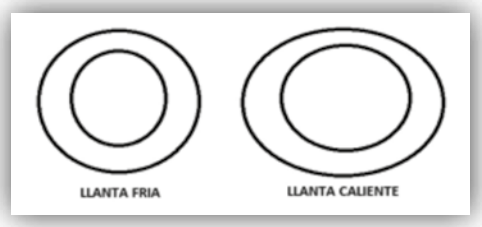



*Figura 2.* Nivel argumentativo inicial y final.

En la gráfica se observa que inicialmente el 70% de los estudiantes se encontraba en el nivel 2 de la argumentación, pues sus argumentos presentaban datos y conclusiones con poca o ninguna relación entre dichos elementos, además de ser carentes de justificaciones, elemento fundamental dentro de la estructura argumentativa de Toulmin, ya que estas son las que relacionan afirmaciones con datos y empiezan a darle mayor sentido a los argumentos.

A continuación se presenta una de las situaciones propuestas en el cuestionario donde se ilustra lo mencionado anteriormente:

**Situación propuesta:** los fabricantes de llantas (neumáticos) para vehículos recomiendan mantener en valores adecuados la presión de estas, ya que así se garantiza una adecuada cantidad de aire al interior de las mismas, lo cual les dará mayor durabilidad. Una vez el vehículo inicia el recorrido, la temperatura de las llantas cambia y a la vez también se presenta un cambio en su «forma» como se puede observar en la figura.




**La actividad que debía desarrollar la estudiante consistía en escribir las posibles causas que ocasionan la expansión de las llantas.**

**Estudiante:** «El material de la llanta es polímero y este es moldeable y más este material, ya que es susceptible al calor y hace que se expanda o contraiga al calentarse».

En su respuesta, la estudiante evidencia un nivel de argumentación 2, ya que presenta los siguientes elementos:

**Dato 1:** «El material de la llanta es polímero y este es moldeable…».

**Dato 2:** «…y más este material, ya que es susceptible al calor…».

**Afirmación:** «…y hace que se expanda o contraiga al calentarse».

Si bien existe cierta coherencia entre el dato presentado y la afirmación, la estudiante no vincula elementos que relacionen los dos anteriores, es decir, el argumento presentado no tendría la validez suficiente para persuadir al lector. Son elementos que terminan siendo aislados, pues no existe un hilo conductor que otorgue coherencia a la respuesta. En este sentido, Sardá y Sanmartí (2000)[15] hablan de que la riqueza de un argumento está determinada, en parte, por la coherencia del mismo y esto, a su vez, está estrechamente relacionado con sus patrones estructurales; esto indica que un argumento puede, de cierta manera, ser rico en los elementos que incorpora: datos, afirmaciones, cualificadores modales, refutaciones, justificaciones y demás; sin embargo, si estos elementos que conforman el cuerpo del argumento carecen de conexiones o de relaciones que otorguen sentido al argumento, este pierde validez.

Además, su postura explicativa para dar respuesta a la situación propuesta, se enfoca en aspectos macroscópicos, en este caso, en el material de la llanta. Son respuestas «ingenuas», que minimizan la visión de la situación a solo aspectos empíricos que se alejan de la realidad científica.

Tras la intervención didáctica, los resultados muestran avances importantes en el nivel estructural de los argumentos construidos por los estudiantes. Luego de analizar las respuestas obtenidas tras la segunda aplicación del cuestionario, se logró ubicar el 7% de los estudiantes en el nivel 4 y el 57%, en nivel 5, niveles que no fueron alcanzados por ninguno de los estudiantes en la primera aplicación del cuestionario. Otros hechos evidentes generados del análisis de las respuestas fueron los avances en las relaciones establecidas entre los elementos estructurales de los argumentos y la fundamentación teórica que incorporaron en sus respuestas. A continuación se presenta la respuesta de la estudiante tras la segunda aplicación del cuestionario en la misma situación planteada:

**Estudiante:** «ya que debido a la fricción con el suelo, la llanta se calienta y, según la ley cinético-molecular, cuando se le agrega calor las moléculas empiezan a adquirir mayor energía, así que el choque con las paredes es en un menor tiempo».

En cuanto a los elementos que vincula al argumento, esta respuesta es mucho más rica, estructuralmente vincula y articula tres elementos básicos de un argumento; datos, afirmaciones y conclusiones:

**Afirmación:** «… debido a la fricción con el suelo».

**Dato 1:** «… la llanta se calienta…».

**Fundamento:** «… según la ley cinético-molecular».

**Justificación:** «… cuando se le agrega calor las moléculas empiezan a adquirir mayor energía así que el choque con las paredes es en un menor tiempo».

Se observa cómo la estudiante, desde aspectos cinético-moleculares, fundamenta el cambio de volumen de las llantas y conserva una coherencia desde la presentación de sus datos que para este caso son hipotéticos, hasta llegar a su conclusión. Esta coherencia está dada esencialmente por la incorporación de la justificación y en varios momentos afianzada por los fundamentos, y son estos los elementos conceptuales que se convierten en soportes teóricos y que le otorgan mayor rigurosidad al argumento, por tanto, reflejan en gran medida un avance en la apropiación del concepto. Estos elementos de orden

[15] SARDÁ, A. y SANMARTÍ, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), pp. 405-422.

estructural y conceptual no se incorporaron en las respuestas dadas en el primer momento, o no eran lo suficientemente sólidos, razón por la cual su lenguaje en las respuestas era muy limitado; sin embargo, tras la intervención didáctica, su lenguaje fue mucho más apropiado para las explicaciones, cercano a un lenguaje científico, fundamentado con respaldo teórico y articulado de manera coherente en el cuerpo de un argumento de mayor solidez y con un desarrollo más profundo en cuanto a los conceptos. Igualmente se evidenció un progreso en la manera en la cual la estudiante enfoca su respuesta, pues al inicio se orientó hacia una postura macroscópica, tras la segunda aplicación del cuestionario se observó cómo trató de construir su respuesta basada en aspectos cinético-moleculares, los cuales se aproximan más al fundamento científico del fenómeno; en conclusión, la estudiante aborda el conocimiento científico en un sentido dinámico y abandona posturas cerradas y estáticas que limitan la construcción de conocimiento Bachelard (2000)[16].

Ahora, vinculado a lo anterior, fue evidente el cambio en la perspectiva conceptual de los estudiantes. En la figura 3 se representa la variación de dichas perspectivas antes y después de la intervención:

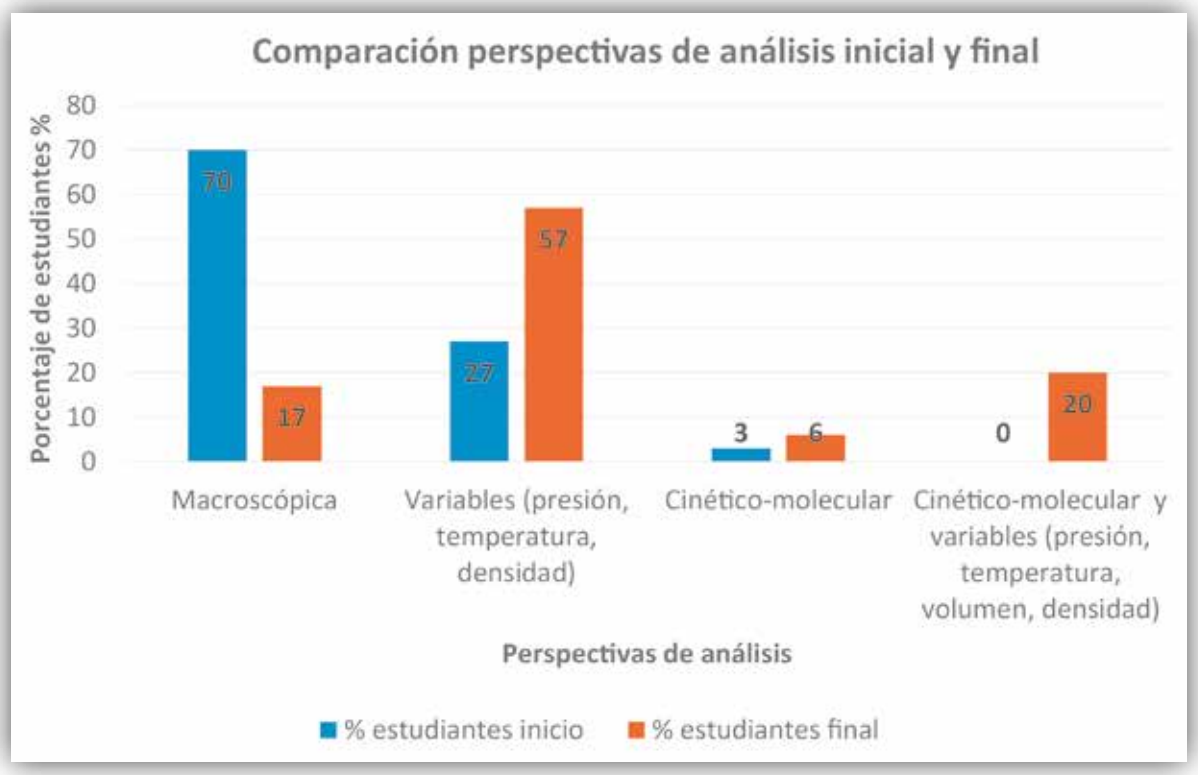



*Figura 3.* Perspectivas explicativas iniciales y finales.

Inicialmente los estudiantes realizaban sus explicaciones desde una visión macroscópica de los fenómenos (70%). Luego de realizar la intervención didáctica haciendo uso de las experiencias argumentativas, se pudo constatar que el 57% de los estudiantes realizaba explicaciones desde las variables (temperatura, presión, volumen, densidad), el 6% desde una postura cinético-molecular y, finalmente, un 20% lo hacía haciendo uso de las dos anteriores de manera simultánea. El restante 17% continuó planteando explicaciones desde una postura macroscópica.

A continuación, en la *figura 4* se presenta una síntesis de los cambios registrados tanto a nivel argumentativo como en las perspectivas explicativas:

[16] Bachelard, G. (2000). *La formación del espíritu científico*. México DF, Siglo Veintiuno editores.

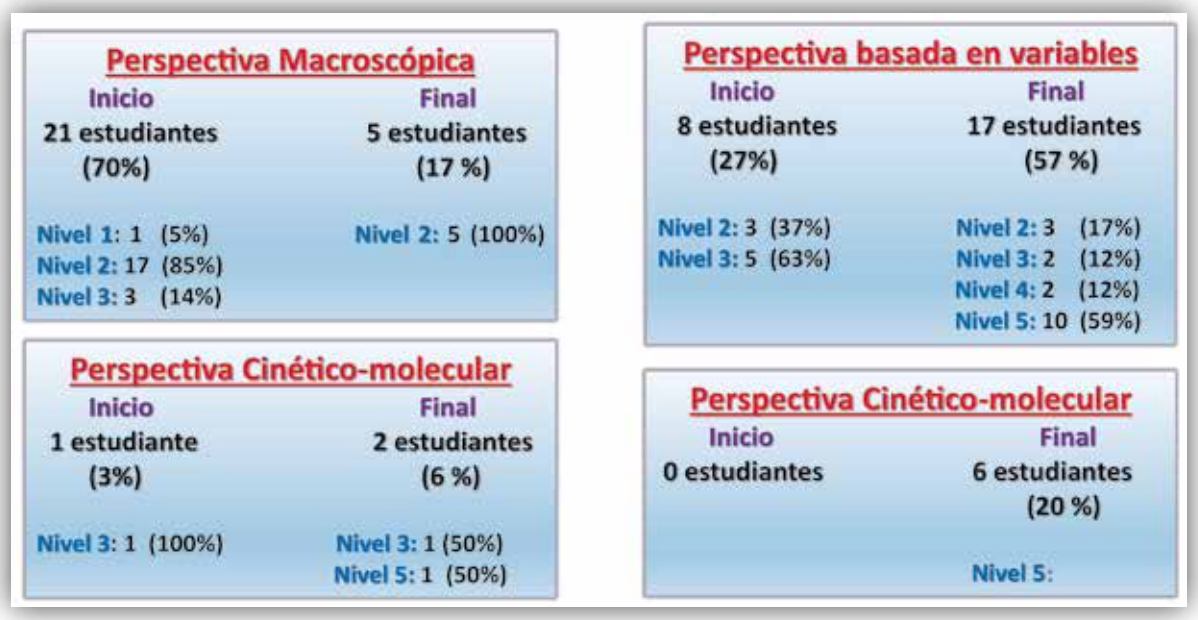



*Figura 4.* Comparación de perspectivas explicativas y niveles de argumentación inicial y final.

## CONCLUSIONES

- La incorporación de experiencias argumentativas como estrategia didáctica en la temática que concierne a los gases permitió transformar las perspectivas explicativas de los estudiantes, pasando de visiones empíricas y macroscópicas a otras más cercanas a la ciencia.
- Promoviendo espacios argumentativos, los estudiantes demostraron mayor dominio de conceptos inherentes a la temática de los gases.
- Las interacciones dialógicas al interior del aula de clase promovieron el desarrollo de competencias comunicativas del orden epistémico o científico, en nuestro caso de la argumentación.

## AGRADECIMIENTOS

Al colegio Bethlemitas de la ciudad de Pereira (Colombia) y a todos los estudiantes que participaron en la investigación.

# Zoomóvil

Ana García Moreno

*Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Ciencias Biológicas*

Elena Moreno-Eiris

*Departamento de Paleontología Física. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais, 12 - 28040 Madrid*

agmoreno@bio.ucm.es

**Palabras clave:** Zoología, zoológicos, niños enfermos, aprendizaje, recursos en red.

**Keywords:** Zoology, zoos, sick children, learning, networked resources.

**Resumen**

Desde hace muchos años los zoológicos del mundo organizan, en el mes de junio, una jornada en la que abren las puertas de sus instalaciones para una visita privada dedicada en exclusiva a los niños ingresados en los hospitales. A partir de esta idea surgió el proyecto Zoomóvil. Su objetivo es acercar el mundo animal a los niños y ancianos ingresados en los hospitales y a los que permanecen convalecientes en sus casas para que puedan aprender sobre los animales mientras que se divierten con esta actividad. Bioimágenes, galería Zoomóvil (*http://www.bioimagenes.com/*) y Facebook (*https://www.facebook.com/Zoom%C3%B3vil-672330762866356/?ref=hl*).

**Abstrac**

Zoos around the world organize many years ago, a day in June in which open the doors of its facilities for a private tour dedicated exclusively to hospitalized children. From this idea came the Zoomobile project. Its aim is to bring the animal world to children and elderly people in hospitals and convalescent those who remain in their homes so they can learn about animals while having fun with this activity. Bioimages, Zoomobile gallery (http://www.bioimagenes.com/) and Facebook (*https://www.facebook.com/Zoom%C3%B3vil-672330762866356/?ref=hl*).

La puesta en marcha del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) supuso, no solo un cambio en los planes de estudio y en su titulación, sino el análisis y la modificación posterior de la metodología docente. Estos cambios implicaban una mayor participación activa de los estudiantes en su proceso de enseñanza-aprendizaje. A raíz de estos cambios, los profesores universitarios tuvieron que diseñar sus asignaturas para adaptarlas a la nueva concepción y programar para los estudiantes actividades y trabajos complementarios para los que debían emplear un tiempo extra como trabajo autónomo.

Antes de la implantación del EEES, en algunas de las asignaturas de las antiguas licenciaturas, al principio con carácter voluntario y más tarde obligatorio, se formaron grupos piloto en los que la docencia se impartía de una forma más cercana a la esperada para el EEES con el fin de analizar y valorar los resultados de las nuevas metodologías docentes. El primer grupo piloto desarrollado en la asignatura de Zoología de la licenciatura de Ciencias Biológicas fue impartido por la primera firmante de este trabajo. Los estudiantes matriculados en el grupo piloto debían ejecutar una serie de trabajos que les ayudarían en la adquisición de los conocimientos y de las competencias de la materia. Uno de ellos consistía en acudir al zoológico para tomar fotografías de los ejemplares del zoo en las que se mostraran las características estructurales del animal. Las fotografías debían ser entregadas a la profesora de forma organizada, en carpetas siguiendo el orden de la sistemática animal.

El objetivo final de este trabajo era aprender y reconocer el modelo arquitectónico de los distintos grupos animales. Los estudiantes debían tener una idea previa de las características que debían fotografiar, por lo que estudiaban sus apuntes de clase antes de acudir a los zoológicos. Una vez tomadas, el recuerdo de las situaciones vividas alrededor de los animales y el manejo de las imágenes ayudaban a los estudiantes a afianzar los conocimientos aprendidos.

Durante la organización de esta actividad se supo que, desde hace muchos años, los zoológicos del mundo organizan, en el mes de junio, una jornada en la que abren las puertas de sus instalaciones para una visita privada dedicada en exclusiva a los niños ingresados en los hospitales. A partir de esta idea surgió el proyecto Zoomóvil. Su objetivo es acercar el mundo animal a los niños ingresados en los hospitales y a los que permanecen convalecientes en sus casas, para que puedan aprender sobre los animales mientras que se divierten con esta actividad.

La implicación de los estudiantes en el proyecto se incorporó desde el primer momento, ya que se les encargó que algunas de las fotografías que tomaran durante el desarrollo de su trabajo se hicieran pensando en los niños. De esta forma, también se les inculcaba la solidaridad hacia las personas más necesitadas; en este caso, los niños enfermos.

Las imágenes generadas se volcaron en una galería específica en el Banco de Imágenes «Bioimágenes» de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid (*http://www.bioimagenes.com/*) (*figuras 1* y *2*).




*Figura 1.* Acceso a Bioimágenes.

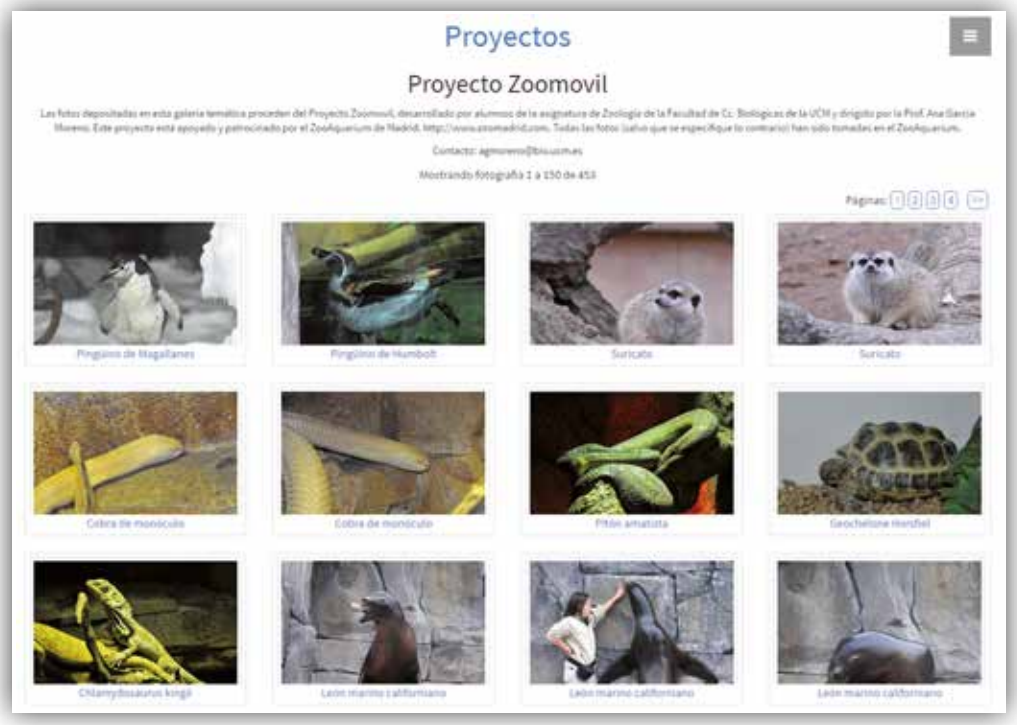



*Figura 2.* Acceso a la galería de Zoomóvil.

Cada una de las figuras está acompañada del nombre de la persona autora de la misma así como del lugar en el que fue tomada (*figura 3*); de esta forma se respetan los derechos legales y se reconoce el trabajo de los estudiantes.




*Figura 3.* Fotografía subida a la galería de Zoomóvil por uno de los estudiantes.

Una vez organizada la galería se empezó la difusión del proyecto, explicando a las personas interesadas que a través de los dispositivos móviles, incorporados de manera extensiva en nuestras vidas, cualquier persona podía acceder a las imágenes de los ejemplares de varios zoológicos o incluso de algunos fotografiados en la naturaleza.

Con el paso de los años se consideró que el proyecto podía ampliarse a través de las redes sociales y, con este fin, se creó una página en Facebook (*https://www.facebook.com/Zoom%C3%B3vil-672330762866356/?ref=hl*) (*figura 4*). En ella se vuelcan, no solo las fotografías tomadas por los estudiantes, sino una selección de las distribuidas a través de la red y algunos vídeos. Cualquiera de los materiales compartidos a través de la página del proyecto es rigurosamente seleccionado, de tal manera que nunca aparezcan imágenes ofensivas o crueles. No hay que olvidar que el objetivo principal es entretener y educar a niños enfermos; brindarles la oportunidad de disfrutar viendo los animales a los que no pueden visitar por su convalecencia.




*Figura 4.* Página de Zoomóvil en Facebook.

Junto con la página del proyecto, la primera autora de este trabajo desarrolla su página personal, una dedicada a sus fotografías y una dedicada a la materia que imparte en la facultad (*figuras 5* y *6*). En las tres pueden encontrarse contenidos relacionados con la zoología, pero sobre todo en esta última, en la que son exclusivamente de carácter docente.




*Figura 5.* Página de Zoología Educación en Facebook.




*Figura 6.* Página de Ana García Moreno Fotografía en Facebook.

Ya que el proceso de formación-aprendizaje del ser humano debería ser considerado como una actividad continua a lo largo de toda su vida y no limitarse a la impartición docente en las aulas de las instituciones y que los docentes, indistintamente del nivel educativo en el que ejercen sus funciones, tienen la capacidad de aportar conocimientos a cualquier persona, independientemente de su edad, de su formación y de su situación personal, los recursos generados pueden servir de utilidad a cualquier usuario de la Red.

La continuación del proyecto será hacerlo extensible para divertir y entretener a personas de la tercera edad.

# Contribución de las visitas didácticas al proceso de enseñanza-aprendizaje en alumnos con dificultades de aprendizaje

Marina Magaña Ramos, Belén Fernández-Sánchez, Manuela Caballero Armenta

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación, Universidad Complutense de Madrid. C/ Rector Royo Villanova, s/n. 28040 Madrid*
mmaganar@edu.ucm.es / belenfersan@gmail.com / lola.caballero@edu.ucm.es

**Palabras clave:** Ciencia, aprendizaje, diversificación curricular.

**Keywords:** Science, learning, curricular diversification.

**Resumen**

Esta comunicación pretende valorar la importancia de conectar de manera práctica los contenidos enseñados en el aula con la vida cotidiana, y su efecto en el aprendizaje de los alumnos.

Para ello, se seleccionaron dos grupos de alumnos de un instituto de Madrid de 3.º ESO, un grupo ordinario y uno de diversificación. En ambos cursos, después de haber completado la unidad didáctica «Residuos y su gestión», se realizó un test (pre-test) para evaluar el nivel de comprensión de los contenidos presentes en la unidad. Estos grupos mostraron diferencias en sus calificaciones medias, siendo mejores las del grupo ordinario que las del grupo de diversificación.

Posteriormente, se organizó con ambos grupos una visita a una planta de biometanización y clasificación de envases. Tras lo cual, se facilitó al alumnado un test similar al anterior (post-test) y se analizó si había diferencias entre ambas calificaciones.

En esta segunda evaluación, los resultados de ambos grupos fueron prácticamente iguales. Este hecho es debido a que los alumnos de diversificación aumentaron significativamente sus calificaciones respecto al pre-test. Mientras que los resultados obtenidos por los alumnos del grupo ordinario mejoraron solo ligeramente.

**Abstract**

This communication aims to assess the importance of connecting in a practical manner the contents taught in the classroom to everyday life issues, and their effect on students' learning.

To do this, they were selected two groups of 3.º ESO students from a high school in Madrid, an ordinary group and another group of curricular diversification. In both courses, after completing the teaching unit «Waste and its management,» students made a test (pre-test) to assess their level of the unit contents

understanding. These groups showed differences in their average results, being better the marks of the ordinary group than the results of the curricular diversification group.

Afterwards, both groups visit a biogas and packaging classification plant. Then, students made a text similar to the previous one (post-test) and if was analysed if there were differences between the marks of both groups.

In this second evaluation, the results of both groups were almost equal. This is because curricular diversification students significantly increased their marks compared to the pre-test. On the other hand, the results obtained by students from the regular group improved only slightly.

## INTRODUCCIÓN

Dada la importancia que el medio ambiente tiene dentro de los currículos de las asignaturas de ciencias, y como parte de las actividades programadas en la unidad didáctica de «Residuos y su gestión», pertenecientes al bloque 3 del currículo para 3.º ESO «Las personas y el medio ambiente», impartidas en la asignatura de Biología y Geología se organizó una visita a una planta de biometanización y clasificación de envases situada en Pinto.

Lo que se pretende, en primer lugar, con este estudio es ver si las salidas y visitas didácticas influyen positivamente, o no, en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los alumnos, favoreciendo, o no, un aprendizaje significativo.

De acuerdo a lo que nos dice Mora Rejas[1] «la escuela debe incorporar, en los proyectos de aprendizaje, la realización de actividades variadas fuera del aula». El papel de las actividades (visitas didácticas, experiencias en laboratorio, prácticas de campo, etc.) es muy importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que constituye la forma en que los alumnos ponen en contacto la ciencia escolar con aspectos concretos de la vida cotidiana[2, 3, 4].

Smith[5] señala que uno de los rasgos característicos del aprendizaje experiencial es que involucra al individuo en una interacción directa con aquello que se está estudiando. Pero no basta la experiencia para asegurar el aprendizaje, sino que para que esto ocurra realmente, es necesario la participación e implicación cognitiva del sujeto, buscando sentido a lo experimentado, relacionándolo con su conocimiento previo y desarrollando estructuras conceptuales que le permitan aplicar el nuevo conocimiento a diversas situaciones[6].

---

[1] MORA REJAS, M. I. (2008). La Educación Ambiental. Una experiencia educativa. Revista digital: *Transversalidad Educativa*. (2), pp. 81-86, (en línea), disponible en http://www.enfoqueseducativos.es/transversalidad/transversalidad (consultado en 6/1/2016).

[2] GUISASOLA, J. y MORENTIN, M. (2007). ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones. *Enseñanza de las ciencias*, 25 (3), pp. 401-414.

[3] RODRÍGUEZ GÓMEZ, C. R. (2007). *Concepción didáctica para el tratamiento de la Educación Ambiental mediante el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en secundaria básica*. Ministerio de Educación cubano (en línea), disponible en http://www.didacien.rimed.cu/Didacticas%20de%20las%20Ciencias/Simposios/Simposio1/Trabajos/Dec%20035 (consultado en 6/1/2016).

[4] MARTÍNEZ, F.; MATO, C. y REPETTO, E. (1994). *Los aspectos medioambientales y la enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Tenerife. Consejería de Educación del Gobierno de Canarias.

[5] SMITH, M. K. (2001). David A. Kolb on Experiential Learning. *The Encyclopedia of InformalEducation* (en línea), disponible en http://www.infed.org/biblio/b-explrn.htm (consultado en 14/10/2015).

[6] ROMERO ARIZA, M. (2010). El aprendizaje experiencial y las nuevas demandas formativas. *Revista de Antropología Experimental. Especial educación*, 8 (10), 89-102.

Las investigaciones sobre visitas escolares indican que es necesario integrar la visita en la programación del aula, para que se obtengan resultados de aprendizaje que vayan más allá de los contenidos actitudinales. De ahí la importancia de implicar al profesorado que organiza la salida con sus estudiantes, en la preparación y adaptación de la oferta a sus propios objetivos de aprendizaje.

Los alumnos desarrollan valores relacionados con la socialización, la participación, la cooperación, el respeto a las opiniones de los demás y la asunción de responsabilidades, entre otros. Por lo que se debe facilitar la participación de los alumnos en este tipo de actividades, con objeto de profundizar e ilustrar los contenidos de los aprendizajes que están desarrollando[7].

Lo que se pretende con las visitas didácticas y demás actividades no formales no es simplificar un conocimiento complejo y reducirlo a la pura diversión, sino que este tipo de actividades potenciarán la enseñanza y aprendizaje desvistiéndola del rigor que a veces desvincula al alumnado de los conocimientos.

No es difícil ver cómo algunos de los alumnos y alumnas que consideramos de peor rendimiento o poco motivados nos sorprenden favorablemente cuando se involucran voluntariamente en este tipo de tareas, en ocasiones con mayor pasión y éxito incluso que aquellos otros que se suponen más aventajados. Son este tipo de visitas didácticas por las que los alumnos suelen sentir una cierta inclinación a pesar de mantener actitudes y comportamientos negativos en las clases de ciencias[8]. De este modo, los educadores debemos avanzar y saber motivar a todos los alumnos para que se impliquen cada vez más y se obtengan mejores resultados en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Salmi[9] estudió el efecto que producían las visitas didácticas en la motivación de los alumnos, obteniendo que las visitas aumentaron la motivación intrínseca de los estudiantes, la cual fue superior en aquellos alumnos con problemas de aprendizaje. Por otro lado aquellos alumnos con mayor motivación intrínseca obtuvieron mejores resultados cognitivos.

En este estudio nosotros quisimos abarcar los siguientes objetivos:

- Analizar si el hecho de conectar de manera práctica los contenidos enseñados en el aula con la vida cotidiana influye positivamente, o no, en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Valorar si los alumnos de diversificación presentan mayores dificultades a la hora de aprender por falta de motivación y si este tipo de salidas proporciona la motivación necesaria para mejorar su aprendizaje. Lo que se traduciría en mejores resultados tras la visita en alumnos del grupo de diversificación en relación con los alumnos del grupo ordinario.

## Metodología

El profesor encargado de impartir la asignatura de Biología y Geología de 3.º ESO planificó la visita didáctica. Los aspectos presentes en la planificación de la acción pedagógica fueron objetivos, contenidos, actividades, recursos, actores involucrados en el proyecto, distribución del tiempo y espacio disponibles.

---

[7] Marín, E., Pérez, M. J. y Prieto, J. M. (2007). Las actividades extraescolares y complementarias. *Revista digital: Práctica docente*, (5), pp 1-19, (en línea), disponible en: http://www.cepgranada.org/~jmedina/articulos/n5_07/n5_07_85 (consultado en 6/5/2012).

[8] Oliva, J. M.; Matos, J.; Bueno, E.; Bonat, M.; Domínguez, J.; Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2004). Las exposiciones científicas escolares y su contribución en el ámbito afectivo de los alumnos participantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (3), pp. 425-440.

[9] Salmi, H. (2003). Science centres as learning laboratories: experiences of Heureka, the Finnish Science Centre. *International Journal Technology Management*, 25 (5), pp. 460-476.

Para la realización de este estudio, tras ser impartida la unidad didáctica «Residuos y su gestión», se pidió a 42 alumnos del grupo ordinario y 8 alumnos del grupo de diversificación que realizasen un test de conocimientos previos a la realización de la visita a la planta de biometanización y clasificación de envases, para ver qué conocimientos habían adquirido durante las clases teóricas (todas ellas impartidas por el mismo docente). Este test puede observarse en el Anexo I. Posteriormente a la realización de la visita, se pasó a los alumnos otro test de contenidos semejantes (Anexo II).

Para el análisis de estos datos utilizamos una estadística no paramétrica debido a la escasa muestra que poseíamos, y que no se ajustaban a una distribución normal. El test U de Mann-Whitney para comparar medianas de las dos muestras, la prueba de la Chi cuadrado para comparar dos poblaciones.

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados que se obtuvieron sobre los conocimientos adquiridos antes y después de las visitas se muestran en la *tabla 1* donde aparece el numero alumnos que supera la prueba antes y después de la visita en ambos grupos, ordinario y de diversificación.

| | Pre-visita | | Post-visita | |
|---|---|---|---|---|
| Grupo | N.º aprobados | N.º suspensos | N.º aprobados | N.º suspensos |
| Ordinario | 1 | 41 | 27 | 15 |
| Diversificación | 0 | 8 | 5 | 3 |

*Tabla 1.* Número de alumnos que supera la prueba de conocimientos correspondientes al tema «Residuos y su gestión» antes y después de la vista a la planta de biometanización y clasificación de envases.

Mediante el programa STATISTICA, calculamos los valores de los estadísticos más descriptivos, mostrados en la *tabla 2*.

| Test | Grupos | *n* | Media | Mediana | Mínimo | Máximo | Desv. estándar | Error estándar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pre-visita | Ordinario | 42 | 1,96 | 2,00 | 0,50 | 5,10 | 1,04 | 0,16 |
| | Diversificación | 8 | 1,09 | 0,95 | 0,50 | 2,00 | 0,57 | 0,20 |
| Post-visita | Ordinario | 42 | 5,42 | 5,43 | 1,25 | 8,75 | 1,66 | 0,26 |
| | Diversificación | 8 | 5,26 | 5,27 | 4,05 | 6,25 | 0,79 | 0,28 |

*Tabla 2.* Resultados de los estadísticos más importantes para los test realizados antes y después de la visita por los alumnos del grupo ordinario y del grupo de diversificación.

A continuación, se realizó una Chi cuadrado ($X^2$) para comparar las calificaciones obtenidas por los alumnos de los grupos 3.º de ESO ordinario y diversificación, antes y después de la realización de la visita a la planta biometanización y clasificación de envases. Los resultados obtenidos se muestran en la *tabla 3*.

| Grupo | Chi cuadrado | Grados de libertad | *p* |
|---|---|---|---|
| Ordinario | 105,62 | 41 | <0,0000001 |
| Diversificación | 26,88 | 7 | <0,000351 |

*Tabla 3.* Resultados de la prueba de la Chi cuadrado para la comparación de calificaciones antes y después de la visita en ambos grupos.

Como se observa en la *tabla 3* existen diferencias significativas (valor de *p* menor a 0,05) en ambas distribuciones, es decir, que las calificaciones antes y después de la visita para los dos grupos (ordinario y diversificación) presentan diferencias suficientes que demuestran que el nivel de conocimientos adquiridos por el alumnado tras la visita fue superior en ambos grupos.

Por último realizamos un estadístico de contraste para investigar si había diferencias entre grupos (ordinario y de diversificación), para ello utilizamos el test de la U de Mann-Whitney.

| | Test U de Mann-Whitney | *p* |
|---|---|---|
| Antes de la visita | 78,00 | 0,017 |
| Después de la visita | 157,50 | 0,781 |

*Tabla 4.* Representación de los estadísticos de contraste que compara las calificaciones obtenidas para los dos grupos, ordinario y de diversificación. Antes y después de la visita a la planta de biometanización y clasificación de envases de Pinto. Variable de agrupación: grupos.

Como se puede observar en la tabla 4 el nivel de significancia de la prueba antes de la visita a la planta es menor a 0,05 por lo que se puede afirmar que la distribución de las calificaciones antes de realizar la visita al centro de biometanización y clasificación de envases de Pinto no es la misma en los dos grupos, ordinario y diversificación. Las calificaciones obtenidas por los alumnos de 3.º ESO de diversificación son significativamente menores a las calificaciones obtenidas por los alumnos de 3.º ESO del grupo ordinario, en los cuestionarios realizados antes de efectuar la visita a la planta.

En la comparación de las calificaciones de los cuestionarios posteriores a la visita entre los alumnos del grupo ordinario y los del grupo diversificación, como podemos observar en la *tabla 4,* muestran un nivel de significancia de la prueba mayor a 0,05. Por tanto, se puede afirmar que la distribución de las calificaciones después de realizar la visita a la planta de biometanización y clasificación de envases de Pinto es la misma en los dos grupos, ordinario y diversificación. De este modo, no se observan diferencias significativas de las calificaciones de los alumnos de 3.º ESO después de realizar la visita, entre los grupos ordinario y diversificación. Por lo que las calificaciones de los cuestionarios de ambos grupos tras realizar la visita son semejantes, lo cual quiere decir que los alumnos del grupo de diversificación que previamente a la visita presentaban mayores dificultades en la adquisición de conceptos relacionados con el tema «Residuos y su gestión», han mejorado notablemente en su proceso de aprendizaje, llegando a igualar la calificaciones de sus compañeros del grupo ordinario una vez realizada la visita.

## Conclusiones

De este modo, tras analizar los resultados obtenidos durante la investigación, podemos concluir que los alumnos estudiados aumentan sus conocimientos sobre contenidos teóricos después de realizar una visita didáctica relacionada con el tema, ocurriendo este hecho tanto en los alumnos del grupo ordinario como en los pertenecientes al grupo de diversificación.

Además podemos añadir, que las visitas y salidas didácticas proporcionan a los alumnos de diversificación la motivación necesaria para mejorar en su proceso de aprendizaje, haciéndoles más participativos y mejorando su capacidad de atención.

Para que el proceso de enseñanza-aprendizaje en la ciencia, tecnología y sociedad, también llamado CTS, sea efectivo, Acevedo Díaz[10] señala las visitas a fábricas y empresas, exposiciones y museos científico-téc-

[10] Acevedo Díaz, J. A. (1996). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Borrador*, (13), pp. 26-30, (en línea), disponible en http://www.oei.es/salactsi/acevedo2 (consultado en 4/5/2012).

nicos, complejos de interés científico y tecnológico, parques tecnológicos, etc. Como uno de las estrategias a llevar a cabo para favorecer el aprendizaje.

Se considera de gran importancia incorporar las visitas didácticas al currículo. Por lo que la oferta educativa debe ampliarse, a través de estas actividades, conocidas como complementarias y extraescolares, a aquellos elementos que complementan la educación estrictamente académica y que son importantes para contribuir a una adecuada formación y, además, contribuyen a fomentar la investigación, protagonismo y participación activa en su proceso de aprendizaje.

Otro motivo por el que se puede considerar importante el hecho de incorporar este tipo de actividades en el currículo es la abundante participación e interés del alumnado, observándose que la asistencia e implicación en estas actividades de los alumnos y alumnas es plena y bien aceptada.

El profesorado encuentra serias dificultades a la hora de diseñar y desarrollar las salidas del aula. Limitaciones económicas y organizativas, responsabilidad legal ante posibles accidentes, búsqueda de lugares adecuados y aumento del estrés docente son algunas de las causas que motivan en gran medida una deficiencia en esta práctica[11].

A esto hay que añadir que muchos docentes se encuentran reacios a poner en práctica este tipo de actividades por las exigencias del currículo y la escasez de tiempo disponible para hacer frente a dicho currículo. Algunos de estos problemas podrían solucionarse si se adoptarán medidas administrativas encaminadas a potenciar este tipo de actividades de alta potencialidad educativa incrementando la dotación económica de los centros escolares y creando servicios encargados de facilitar al profesorado publicaciones de lugares de visitas y gestiones con centros y medio de transporte[11].

[11] TRAVÉ GONZÁLEZ, G. (2003). Más allá de las paredes del aula: salidas de investigación escolar. *Kikiriki. Cooperación educativa*, 71-72, pp. 43-46.

# El museo de la ciencia y la tecnología escolar como modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje




José Tomás Pastor Pérez

*CFPA Mercè Rodoreda. C/ Portes tafulles, s/n. 03203 Elche*

jtpastorperez@yahoo.es

**Palabras clave:** Museo escolar, competencias, innovación educativa.

**Keywords:** School museum, competences, educational innovation.

**Resumen**

El departamento Científico-Tecnológico del Centro de Formación de Personas Adultas (CFPA) Mercè Rodoreda, a raíz de la demanda planteada por los alumnos y gracias a la experiencia adquirida por su profesorado durante los últimos años, ha desarrollado un modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje basado en el emprendimiento social: **El Museo de la Ciencia y la Tecnología**. Modelo que utiliza la Formación Basada en Proyectos como principal método y las «prácticas internas» como modalidad organizativa. Este modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje ha permitido situar al departamento Científico-Tecnológico como referente en la mejora de la calidad educativa del centro y la introducción de competencias.

**Abstract**

The Scientific and Technological department of the Adult School Mercè Rodoreda, following the demand raised by our students and thanks to the experience of its faculty in recent years, has developed a model of a teaching-learning process based on social entrepreneurship: the **Science and Technology Museum**. This model uses the Project-Based Learning as its main method and the «internal practices» as its organizational model. This model of teaching-learning process has allowed the Scientific and Technological department to be placed as a leader in the improvement of the educational quality and the introduction of competences in the center.

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los últimos años de recesión han hecho patente la situación de vulnerabilidad en la que se encuentran los alumnos que asisten a los centros de formación de personas adultas. El Centro de Formación de Personas Adultas (CFPA) Mercè Rodoreda, de la mano de D. José T. Pastor Pérez, ha desarrollado un modelo educativo que ha permitido facilitar el desarrollo integral (personal, social, académico, laboral y emprendedor) del alumnado, con el objetivo de evitar su exclusión social y laboral. Este modelo recibió el respaldo de la Unión Europea a través del proyecto Grundtvig CASE («Career Assistance and Spirit of Enterprise»).

Uno de los trabajos destacados en el proyecto europeo ha sido un estudio sobre las necesidades de los alumnos que asisten a los centros de formación de personas adultas. Estudio cuya importancia ha sido reconocida en multitud de congresos y simposios internacionales, así como en varios seminarios y jornadas a los que el trabajo se ha presentado. El departamento Científico-Tecnológico del CFPA Mercè Rodoreda ha tenido en cuenta los resultados de dicho estudio para desarrollar diferentes actividades con el objetivo dar respuesta a las necesidades planteadas por los alumnos. Estas actividades han permitido cubrir casi en su totalidad (excepto por el inglés) los **objetivos específicos** definidos por el proyecto educativo de centro:

1. Introducción de las competencias básicas y complementarias en el currículo.
2. Introducción de las TIC de forma directa en el currículo y transversal en el resto de asignaturas.
3. Refuerzo del inglés en los servicios formativos que ofrece el centro.
4. Asesoramiento personal del alumnado.
5. Introducción intensiva del aprendizaje no-formal e informal.

A partir de la experiencia adquirida con las actividades desarrolladas a lo largo de los últimos años, el Departamento Científico Tecnológico ha creado un nuevo modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje: **«El Museo de la Ciencia y la Tecnología»**, actividad que permite desarrollar la mayor parte de los objetivos específicos de centro comentados anteriormente.

Por su lado, esta actividad tiene como **objetivo general** estimular el desarrollo integral del alumnado y potenciar el crecimiento económico y social a través de la ciencia y la tecnología. Adicionalmente se plantean para el museo una serie de **objetivos específicos** que también se han podido alcanzar con el esfuerzo de los alumnos.

Todo el trabajo realizado hasta este momento está en la misma línea que los objetivos para el marco estratégico de la educación 2020 definidos por la Comisión Europea:

- Aprendizaje permanente y movilidad.
- Calidad y eficacia en la educación y en la formación.
- Equidad, cohesión social y ciudadanía activa.
- Creatividad, innovación y espíritu empresarial.

## METODOLOGÍA

Para poder atender las necesidades y objetivos planteados por los alumnos, se crea un nuevo **modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje** basado en el **emprendimiento social**: el Museo de la Ciencia y la Tecnología (MuCyT). Se muestra en la *figura 1* el pasillo donde se ha ubicado el museo en su primer año de vida.

Este nuevo modelo tiene como finalidad principal la construcción, por parte del alumnado, de las piezas características de un museo de la ciencia y la tecnología. El modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje sigue el planteamiento de De Miguel *et al.* (2005)[1], tal y como se muestra en la *figura 2*.

---

[1] DE MIGUEL DÍAZ, M. (dir.); ALFARO ROCHER, I. J.; APODACA URQUIJO, P.; ARIAS BLANCO, J. M.; GARCÍA JIMÉNEZ, E.; LOBATO FRAILE, C. y PÉREZ BOULLOSA, A. (2005). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias.*




*Figura 1.* Museo curso 2014/2015.




*Figura 2.* Modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje según De Miguel, M. (dir.) *et al.* (2005).

El MuCyT se basa en la modalidad organizativa de **Prácticas Internas**, la cual permite desarrollar la formación de los alumnos en un entorno semiprofesional cuyo catalizador principal es el aprendizaje colaborativo entre el alumnado. Esta modalidad organizativa se sitúa entre la presencialidad y la no presencialidad. Esto es así, ya que el diseño se realiza en entornos cooperativos sin la ayuda directa del profesor, mientras que la parte de construcción se desarrolla habitualmente en el taller con el asesoramiento del docente. Atendiendo al gráfico de la *figura 3* la modalidad organizativa de Prácticas Internas se situaría entre las Clases Prácticas y las Prácticas Externas.

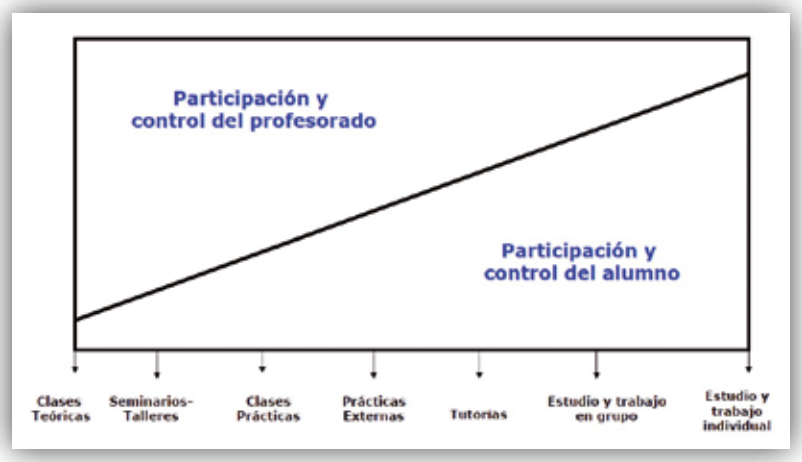



*Figura 3.* Modalidades organizativas según De Miguel, M. (Dir.) *et al.* (2005).

Por otro lado, el proceso de enseñanza-aprendizaje que se desarrolla a través del Museo de la Ciencia y la Tecnología utiliza como principal método de enseñanza el **Aprendizaje Basado en Proyectos**. Aunque también se apoya en otros métodos de enseñanza:

- El *aprendizaje cooperativo*, mediante el cual el alumno interactúa con otros alumnos, exalumnos y miembros de la comunidad del MuCyT *(comunidad de práctica)*.
- El *método expositivo*, para la explicación de los trabajos a desarrollar.

*Orientaciones para promover el cambio en el marco del EEES. Proyecto EA2005-0118. Programa de estudios y análisis.* Dirección General de Universidades. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (convocatoria: 2 de noviembre de 2004, B.O.E del 22). Ministerio de Educación y Ciencia.

Esta propuesta metodológica utiliza principalmente **metodologías activas**, que fomentan la interacción entre personas desde un punto de vista cooperativo, y en las cuales el profesor se convierte en **guía del proceso** formativo.

## TEMPORALIZACIÓN

El ámbito Científico-Tecnológico en el CFPA Mercè Rodoreda está formado por cinco asignaturas: NES (Naturaleza, Ecología y Salud), PIM (Procesos e Instrumentos Matemáticos), CT (Ciencia y Tecnología), IE (Informática para el Empleo) y EM (Educación Medioambiental). Estas cinco asignaturas se imparten en los dos cursos que componen el segundo ciclo de la formación para la obtención del título de GES (Graduado en Educación Secundaria). La asignatura de PIM tiene una carga horaria de dos horas a la semana, mientras que para el resto de asignaturas es de una hora a la semana. Para facilitar el aprendizaje las horas de NES y CT se juntan, lo cual permite poder disponer de dos horas a la semana. Con este planteamiento la asignatura de NES se imparte en el primer cuatrimestre y la de CT en el segundo.

Los contenidos planificados para la asignatura de CT se han repartido tradicionalmente entre los dos años del segundo ciclo de formación para la obtención del graduado escolar. De forma que durante el primer año se desarrollaban los contenidos de química y durante el segundo año solo se impartían los contenidos relacionados con la física. El nuevo modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje ha permitido que en el segundo curso, además de impartir los contenidos de física, se puedan impartir contenidos de tecnología, e incluso el desarrollo de competencias.

## DESARROLLO Y RESULTADOS

El Museo de la Ciencia y la Tecnología se inició durante el curso académico 2014/15 y ha llegado para quedarse. El trabajo que se desarrollará durante los próximos años irá orientado a mejorar el museo en cantidad y calidad de las piezas, en mejorar la calidad del aprendizaje y en difundir la cultura científica y técnica tanto en el entorno más cercano como en cualquier parte del territorio nacional.

Para poder crear el Museo de la Ciencia y la Tecnología del CFPA Mercè Rodoreda, ha sido necesario realizar un trabajo previo orientado a mejorar la infraestructura y la formación del profesorado. Se ha mejorado sustancialmente la infraestructura TIC del centro y se ha adaptado el laboratorio para poder utilizarse como taller. Con respecto a la formación del profesorado se han realizado cursos de actualización docente y pedagógica en TIC, competencias, formación no-formal e informal y en inglés.

El proceso que se ha seguido para la elaboración de las piezas del museo está procedimentado. En primer lugar, el profesor realiza una clase introductoria para explicar, entre otras cosas, los condicionantes que han de tener las piezas que se creen para el MuCyT. Los más importantes son:

- La interactividad de las piezas del museo. Es decir, que permitan aprender a través de la interacción con ellas.
- Presentación de una ley de la ciencia o la tecnología.
- Explicación (que se adjunta a la pieza) fácil de entender pero al mismo tiempo completa y rigurosa.

Una vez el alumno dispone de toda la información necesaria, este empieza a desarrollar los diferentes pasos para la elaboración de las piezas del museo y la documentación adjunta.

El alumno es consciente de los condicionantes que han de tener las tareas a realizar, tanto por la información proporcionada por el profesor como por la rúbrica que ha de realizar para la **autoevaluación** de la pieza final y de la memoria.

Los resultados de las acciones de innovación realizadas en el departamento Científico-Tecnológico a través del Museo de la Ciencia y la Tecnología han permitido alcanzar una mejora en la calidad de la enseñanza y el aprendizaje a través de los objetivos general y específicos definidos por el centro y por el departamento Científico-Tecnológico para el MuCyT. Se muestran algunas de las piezas del museo en las *figuras 4* y *5*.



*Figura 4.* Jaula de Faraday y generador eléctrico.

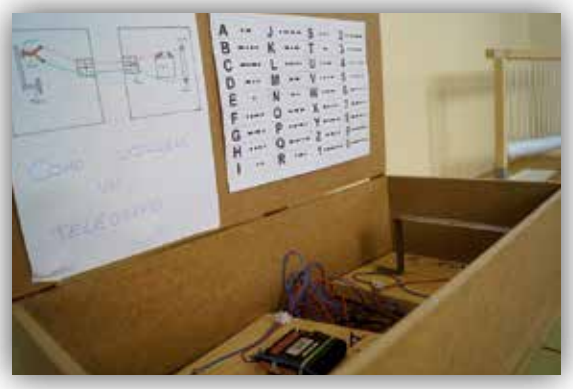


*Figura 5.* Telégrafo.

Los resultados más significativos alcanzados en cada uno de los objetivos planteados para el Museo de la Ciencia y la Tecnología se concretan en los siguientes 7 puntos:

### 1. Mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje

El proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollado por el MuCyT ha permitido reforzar la asignatura de Ciencia y Tecnología, no solo en contenidos de tecnología, sino también con competencias clave y complementarias. La modalidad organizativa en la que se basa el MuCyT (*Prácticas Internas*) permite aprender haciendo (***Learning by doing***), de forma que el alumno aprende la ciencia a través de las piezas que se desarrollan en el taller de tecnología. La que realiza el propio alumno y las que realizan los compañeros.

La mejora en la calidad de la enseñanza y el aprendizaje también se fomenta a través de la interacción entre las diferentes asignaturas que forman parte del ámbito científico-tecnológico y de los otros ámbitos formativos. Esta interacción permite desarrollar las competencias necesarias para realizar con éxito las tareas planificadas en el Museo de la Ciencia y la Tecnología. Por ejemplo, la formación en TIC realizada en la nueva asignatura de Informática tiene su aplicación directa en la creación de las memorias y textos explicativos de las piezas, en la creación de códigos QR para las piezas, etc.

### 2. Potenciar la participación e implicación del alumnado en aquellas actividades que permitan mejorar los resultados

Uno de los elementos más importantes para el éxito del MuCyT es la **formación basada en retos**. En este sentido, la mejora del aprendizaje se orienta principalmente a que el alumno desarrolle la mayor cantidad de competencias. Para lo cual es fundamental la motivación del alumno, y es en este punto donde el reto de la creación de un museo proporciona niveles muy altos de motivación.

El MuCyT se plantea desde una **perspectiva abierta**, lo que facilita la participación del alumnado en toda una serie de actividades que permiten mejorar los resultados del proceso de enseñanza-aprendizaje. Participación que se canaliza a través de la Red Española de Museos Escolares de Ciencia y Tecnología (REMECYT), la cual agrupa a todo el alumnado y profesorado del centro, de otros centros, de universidades y público en general interesado en aprender sobre ciencia y la tecnología y en desarrollar sus

competencias. Este planteamiento permite el desarrollo de una **comunidad de aprendizaje** en la que se produce la negociación de significados que refuerzan el proceso de aprendizaje.

El REMECYT tiene una página web (*www.REMECYT.es*) como punto de comunicación principal. Las páginas del MuCyT se plantean desde la perspectiva de un modelo de Museo de la Ciencia y la Tecnología Escolar que pueda ser replicado en cualquier centro educativo. El MuCyT tiene un enlace principal (*www.MuCyT.es*) y tres canales de comunicación: el Blog (*http://museocienciaytecnologia.blogspot.com.es/*), Facebook (*https://www.facebook.com/mucyt/*) y el email (*educavia@gmail.com*).

El MuCyT se desarrolla desde el punto de vista de una **organización de emprendimiento social**. Bajo este planteamiento, el alumno participa de un proyecto real que actúa como catalizador del aprendizaje, lo cual permite una mayor implicación del alumnado en las tareas a realizar. Implicación que tiene un fundamento destacado en las corrientes metodológicas relacionadas con el aprendizaje-servicio.

Se ha diseñado un **sistema modular de piezas**, de forma que puedan ser transportadas con facilidad. Lo cual permite que las piezas se compartan con otros centros o entornos formativos, tal y como se ha realizado durante la Primavera Educativa (Valencia) con aquellas piezas destacadas del museo. Es más, fueron los propios alumnos los encargados de explicar las piezas a los visitantes, lo que reforzó su aprendizaje en ciencia y tecnología, así como en competencias comunicativas e interpersonales.

### 3. Fomentar el desarrollo y la adquisición de las competencias clave

Las cuatro asignaturas que forman parte del ámbito tecnológico, tanto de forma individual como interrelacionadas, permiten el desarrollo de las competencias clave. En concreto, el MuCyT, ha permitido que la asignatura de Ciencia y Tecnología pueda desarrollar casi todas las competencias clave. En concreto, durante el curso 2014/15 y 2015/16 se desarrollaron todas las competencias excepto la de «Comunicación en lenguas extranjeras», la cual se espera incluir durante el curso 2016/17.

### 4. Facilitar el desarrollo y la adquisición de competencias complementarias

Además de las competencias clave, existen una serie de competencias que son más importantes, según la valoración del alumnado que asiste a los centros de formación de personas adultas (Pastor, 2016)[2], para su desarrollo integral (personal, social, académico, laboral y emprendedor).

A través del **estudio de investigación** realizado por D. José T. Pastor se observa cómo las competencias complementarias son mucho más valoradas que las asignaturas que se imparten en la actualidad, excepto por la asignatura de inglés, que se encuentra en segunda posición. El departamento Científico-Tecnológico se hace eco de dicha necesidad y plantea un cambio en la forma de enfocar la formación hacia modelos que posibiliten el desarrollo de competencias complementarias; donde el resultado más significativo se ha conseguido con el Museo de la Ciencia y la Tecnología. El modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje definido para esta propuesta educativa tiene la posibilidad, por sí solo, de facilitar la adquisición de competencias básicas y complementarias. Las cuales son, sin duda alguna, las herramientas necesarias para que nuestros alumnos puedan adaptarse a los **nuevos retos de la sociedad del conocimiento**.

La característica principal del MuCyT es la aplicación del trabajo realizado en una **actividad significativa y auténtica**. Esto permite que el alumnado pueda poner en práctica su experiencia laboral y personal, construir aprendizajes significativos a través de ella y compartir estos con el resto de compañeros.

---

[2] PASTOR PÉREZ, J. T. (2016). Análisis de la formación para la obtención del graduado en educación secundaria en los centros de formación de personas adultas de la provincia de Alicante desde la perspectiva de las necesidades y objetivos de sus alumnos. *Revista Internacional de Formacion Profesional, Adultos y Comunidad*, volumen 2, Revista 2, 2015, pp. 81-97. ISSN: 2386-8023, [en línea], disponible en: http://revistainternacionaldeformacionprofesionaladultosycomunidad.cgpublisher.com/product/pub.315/prod.24 [consultado el 10/05/2016].

## 5. Mejorar la formación a través del trabajo cooperativo

Uno de los métodos que se utilizan en el modelo de enseñanza-aprendizaje desarrollado a través del Museo de la Ciencia y la Tecnología es el **aprendizaje cooperativo**; ya sea en el propio grupo, encargado de elaborar las diferentes piezas, entre los compañeros de clase o con la comunidad del MuCyT. La elaboración de piezas para el museo hace que los alumnos se sientan partícipes de un proyecto superior, en el que todos son una parte activa de él. De esta forma, la colaboración no solo se produce dentro de cada equipo, sino que también se realiza entre los diferentes equipos que trabajan en el proyecto. En este sentido, el aprendizaje se produce a través de la interacción: cooperar para aprender, aprender para cooperar.

Pero también existe otro tipo de colaboración: entre los profesores del centro y las asignaturas que estos imparten. Esta colaboración se inició el curso anterior, y se espera pueda desarrollarse a lo largo de los próximos cursos.

Por último, el proyecto aspira a servir de ejemplo colaborativo entre centros cuyo objetivo principal sea la difusión de la cultura científica y tecnológica. Colaboración no solo orientada a la difusión del modelo educativo, sino como comunidad de aprendizaje para la mejora de las piezas del museo. Comunidad que se canaliza a través de la Red Española de Museos Escolares de Ciencia y Tecnología (REMECYT).

## 6. Sacar el aprendizaje del aula

El modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje utilizado en la actividad del Museo de la Ciencia y la Tecnología **supera los límites físicos y organizativos del aula**. En este sentido, el aprendizaje se realiza tanto dentro del aula como fuera de ella. Destacar en primer lugar la actividad en la que el profesor acompaña a los alumnos a una tienda especializada para poder adquirir aquellos materiales que sean necesarios para construir cada una de las piezas.

En segundo lugar también son significativas las salidas relacionadas con el museo y que pretenden complementar el aprendizaje desarrollado. Durante el curso 2015/16 se realizaron las siguientes actividades:

- Visita al Museo de las Ciencias Príncipe Felipe.
- Visita a la UMH con motivo de la jornada de puertas abiertas que se celebró durante la II Feria de la Ciencia y la Tecnología de Elche (FeCiTElx ).
- Presentación de las piezas realizadas por los alumnos en la exposición realizada en Valencia con motivo de la Primavera Educativa.

Por último, y no menos importante, indicar que el aprendizaje también llega a los alumnos de otras aulas. Esto se consigue ya que las piezas se quedan en el pasillo del centro, donde los alumnos pueden interactuar con ellas libremente.

## 7. Difundir la cultura científica y tecnológica

El proyecto surge con el objetivo de divulgar la cultura científica y tecnológica entre el alumnado del centro y con otros centros de formación. Para poder alcanzar este objetivo, el centro presenta el aval del trabajo realizado durante los últimos años, una extensa red de entidades con las que ha colaborado y personas dispuestas a participar en el proyecto.

Adicionalmente al Museo de la Ciencia y la Tecnología del CFPA Mercè Rodoreda, se crea la Red Española de Museos Escolares de Ciencia y Tecnología (REMECYT) con el objetivo de que la experiencia de nuestro centro pueda trasladarse a otros centros educativos de España. De esta forma, los alumnos de los centros que desarrollan su museo sienten que la ciencia y la tecnología es algo cercano.



*Figura 6.* Baile del péndulo.



*Figura 7.* Proyecto del tornado.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El sistema de evaluación, junto con la modalidad organizativa y el método aplicado, constituye el tercer elemento fundamental para poder realizar con éxito un aprendizaje basado en competencias. En este sentido, para poder aplicar un sistema de evaluación adecuado es necesario tener en cuenta los otros dos elementos. Según De Miguel *et al.* (2005) «este modelo supone un cambio de paradigma (Tagg, 2003)[3] al trasladar el centro de atención desde la enseñanza del profesor al aprendizaje del alumno. Como efecto directo de este cambio, los sistemas de evaluación cobran especial protagonismo, pues son el elemento principal que orienta y motiva el aprendizaje del alumno y la propia enseñanza».

Adicionalmente, para diseñar el sistema de evaluación también se ha de tener en cuenta al alumnado y sus características específicas. Para conseguirlo la evaluación del trabajo realizado por los alumnos se plantea desde diferentes estrategias y procedimientos con la intención de reducir la presión sobre estos y permitirles centrarse en realizar un buen trabajo y desarrollar competencias.

La evaluación se realiza a través de los cuatro productos que el alumno ha de elaborar:

1. Propuestas iniciales.
2. Diseño de la pieza a construir.
3. Pieza elaborada.
4. Memoria del trabajo desarrollado.
5. Presentación digital de la pieza elaborada (voluntario).

La nota final es la media ponderada de los resultados obtenidos en cada uno de dichos productos. En este sentido, la **evaluación** permite ser **mixta**, ya que los productos elaborados por los alumnos requieren diferentes habilidades, destrezas, conocimientos teóricos y prácticos.

Los criterios de evaluación se definen para cada uno de los productos desarrollados. Ahora bien, se ha de tener en cuenta que no solo se debe considerar únicamente cada producto elaborado, sino también el **proceso** seguido para su elaboración. La evaluación no es un fin en sí misma, sino un medio que permite el aprendizaje del alumno. Para ello, se plantea un **modelo de evaluación continuo**. Por consiguiente, el profesor realiza varias evaluaciones a lo largo del tiempo, que permiten que el alumno pueda ir mejorando el trabajo realizado hasta su versión definitiva.

Uno de los elementos importantes en el proceso de evaluación es la capacidad del alumnado para evaluar su propio aprendizaje. Por esta razón, la evaluación deja de ser una tarea exclusiva del profesor.

---

[3] TAGG, J. (2003): *The learning paradigm college*. Boston, MA: Anker Publishing Company.

Para conseguirlo se realiza un trabajo de **autoevaluación** a través de las rúbricas que también realizan los propios alumnos

Por último, comentar que también se realiza una evaluación, por parte del profesorado, de los resultados obtenidos a través del proceso de enseñanza-aprendizaje aplicado para el MuCyT.

## Otros aspectos a destacar del trabajo presentado

En los apartados anteriores se ha presentado un nuevo modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje, el cual ha permitido alcanzar los objetivos inicialmente propuestos. Adicionalmente a estos objetivos, cabe destacar los siguientes aspectos:

- Crear una red de colaboración entre centros educativos y colectivos interesados en la difusión de la cultura científica y tecnológica.
- Mejorar la atención a la diversidad de los alumnos que asisten a los centros de formación de personas adultas.
- Desarrollar una experiencia de aprendizaje vital.
- Reducir el índice de abandono escolar.

Todos estos objetivos tienen un gran impacto en la calidad educativa de los centros educativos, y en concreto en los centros de formación de personas adultas como el CFPA Mercè Rodoreda.

# Ciencias 2.0. Aplicaciones docentes de las TIC

# Arbolapp: una aplicación del CSIC para identificar árboles ibéricos y baleares

Eduardo Actis Monserrat

*Área de Cultura Científica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)*
*Serrano, 117 - 28006 Madrid*

María Bellet Serrano, Felipe Castilla Lattke

*Real Jardín Botánico, CSIC. Plaza de Murillo, 2 - 28014 Madrid*

www.arbolapp.es / arbolapp@csic.es

**Palabras clave:** Árboles, guía de identificación, app, web, botánica.

**Keywords:** Trees, identification guide, app, web, botany.

**Resumen**

Arbolapp es una herramienta para identificar árboles de la península ibérica y las islas baleares creada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Su objetivo es acercar el conocimiento científico sobre los árboles al público general a través de una app para dispositivos móviles y una página web. Estos medios suelen estar asociados al juego y el entretenimiento y se encuentran cada vez más extendidos, en especial entre los jóvenes. Por esta razón, Arbolapp constituye un recurso didáctico de gran potencial para la enseñanza y el aprendizaje de la botánica.

**Abstract**

Arbolapp is a tool for identifying trees of the Iberian Peninsula and Balearic Islands created by the National Spanish Research Council (CSIC). Its aim is to provide society with scientific knowledgeabout trees with an app for electronic devices and a website. These media are usually related to entertainment and games and they are more and more widespread, particularly amongst young people. For this reason, Arbolappis a learning resource with an enormous potential toteach botany.

## Introducción: una app y una web en castellano e inglés

«¿Qué árbol es ese?». Esta pregunta tan común es el punto de partida de Arbolapp, un proyecto de divulgación impulsado por el Área de Cultura Científica y el Real Jardín Botánico del CSIC con apoyo económico de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

La respuesta a esta pregunta puede obtenerse a través de una app para *smartphones* y *tablets* y de una página web que comparten los mismos contenidos: un catálogo de 143 árboles, dos sistemas para identificarlos (una búsqueda guiada y otra abierta), un glosario con más de 80 términos y más de 500 fotografías y 370 ilustraciones botánicas.

La app puede descargarse de forma gratuita en cualquier dispositivo Android o iOS y, una vez instalada, no necesita conexión a Internet, por lo que resulta de gran utilidad en excursiones a la naturaleza (*figura 1*). La web, *www.arbolapp.es*, busca ampliar el alcance del proyecto a aquellas personas que no tienen acceso a *smartphones* y *tablets,* y ha sido desarrollada a petición de varios docentes que trabajan en centros educativos en los que no está permitido el uso de estos dispositivos.




*Figura 1.* La app no requiere conexión a Internet una vez descargada, por lo que es ideal para excursiones a la naturaleza. Fotografía de Eliezer Sánchez (CSIC).

Tanto la app como la web pueden consultarse en castellano e inglés y combinan el rigor científico con el uso de un lenguaje claro y explicaciones sencillas.

## LOS CONTENIDOS DE ARBOLAPP

### *UN CATÁLOGO DE 143 ÁRBOLES*

Arbolapp está dedicada específicamente a los árboles ibéricos y baleares. Incluye información sobre 143 especies que pueblan bosques y demás hábitats naturales de la España peninsular, el Portugal continental, Andorra y las islas Baleares. Esta selección abarca los árboles autóctonos –naturales del territorio– y los alóctonos –introducidos por el ser humano– que se asilvestran con más frecuencia (*figura 2*).



*Figura 2.* La coscoja (*Quercus coccifera*) es una de las especies incluidas en Arbolapp. Fotografía de Felipe Castilla (RJB, CSIC).

Los árboles están ordenados en 122 fichas: 119 individuales y tres que agrupan las especies de los géneros *Acacia* (11 especies), *Eucalyptus* (7) y *Tamarix* (6). En estos casos no se ha elaborado una ficha para cada especie del género porque, dadas sus similitudes, diferenciarlas es difícil incluso para las personas con conocimientos avanzados (*figura 3*).



*Figura 3.* Ficha de Arbolapp. Fotografía de Eliezer Sánchez (CSIC).

Las fichas pueden consultarse a través del listado de la aplicación, en el que los árboles se muestran ordenados alfabéticamente según su nombre científico, nombre común o familia. El listado cuenta con un buscador que permite encontrar la especie deseada tanto por el nombre científico como por el nombre común que recibe en castellano, catalán, gallego, euskera, portugués o inglés.

## INFORMACIÓN MÁS ALLÁ DE LA BOTÁNICA

Cada ficha contiene una descripción de las principales características, la distribución y la ecología del árbol. Además, el apartado 'Más información' detalla aspectos como los usos que el ser humano ha hecho del árbol, el papel que ha jugado en la historia, su presencia en la mitología y la literatura o el origen etimológico de su nombre.

Las fichas también recogen curiosidades que tienen el propósito de ayudar a los usuarios a recordar las especies una vez identificadas. Con Arbolapp podremos descubrir, por ejemplo, que La Gioconda está pintada sobre una tabla de álamo; que las bolas de la Lotería Nacional están hechas con madera de boj; o que en el Antiguo Egipto se usaban los frutos amargos del almendro para ajusticiar a los criminales, debido a su contenido en ácido cianhídrico.

Los textos están acompañados con varias fotografías –más de 500 en total– de distintos caracteres del árbol, un mapa que indica en qué provincias está presente y una etiqueta en la que se refleja si es o no autóctono (*Figura 4*).

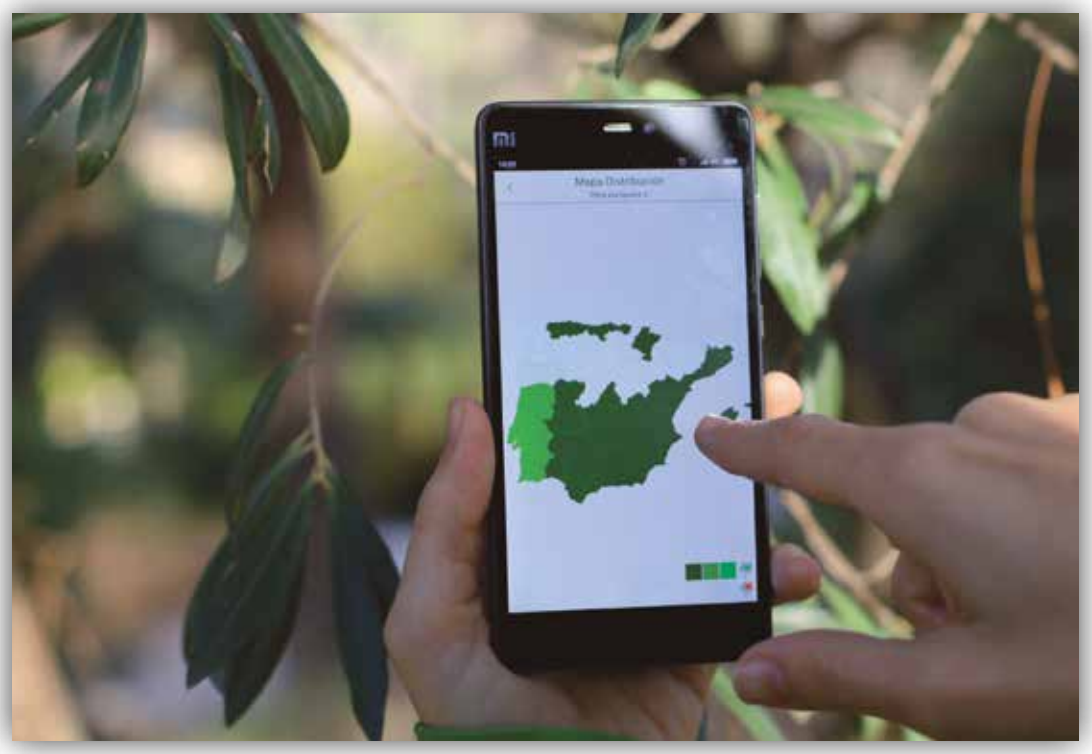


*Figura 4.* Mapa de distribución en una ficha de Arbolapp. Fotografía de Eliezer Sánchez (CSIC).

## DOS SISTEMAS DE BÚSQUEDA

Sin embargo, Arbolapp no es solo una herramienta de consulta de información, sino que permite identificar árboles mediante dos tipos de búsqueda, una guiada y otra abierta, entre las que el usuario puede elegir.

En la primera hay que escoger en sucesivas pantallas la descripción que mejor se ajusta al ejemplar que se quiere reconocer. Por ejemplo, «¿tiene las hojas simples o compuestas?» y, a continuación, «¿son opuestas o simples?». Paso a paso, iremos descartando especies hasta completar la identificación. En cambio, en la búsqueda abierta es el usuario el que decide qué parámetros introducir en la aplicación, como la provincia en la que se encuentra o el tipo de hoja, fruto o flor observados.

Los enunciados de las búsquedas están ilustrados con dibujos –más de 370 en total– que facilitan su comprensión. Además, si surgen dudas, en cualquier momento es posible regresar al paso anterior o bien «plantarse», pulsando el botón «Ver árboles posibles», que permite consultar las especies que la aplicación ha filtrado al introducir los parámetros de búsqueda (*figura 5*).

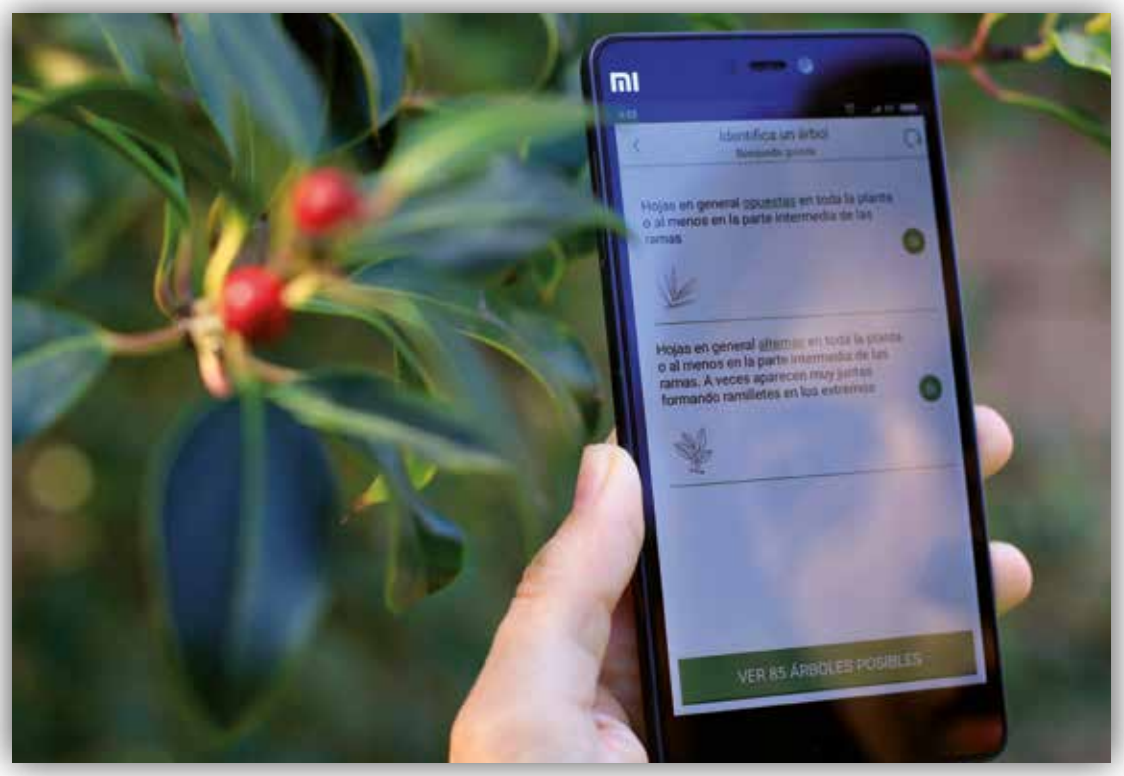



*Figura 5.* Una de las pantallas de la búsqueda guiada. Fotografía de Eliezer Sánchez (CSIC).

## Un glosario con más de 80 términos

Concebida para que cualquier persona pueda manejarla, en el desarrollo de Arbolapp se ha conjugado el rigor científico con un lenguaje claro y sencillo. Los términos más técnicos figuran resaltados para poder consultar su definición al pulsar sobre ellos, aunque también se puede acudir al glosario de la aplicación, que cuenta con más de 80 entradas.

## Las fuentes científicas

El desarrollo de Arbolapp ha sido posible gracias a un equipo multidisciplinar integrado por botánicos, ambientólogos y periodistas dedicados a la divulgación que ha contado con la asesoría del personal investigador del Real Jardín Botánico. El biólogo y educador ambiental Felipe Castilla ha sido el responsable de contenidos de la aplicación. Como tal, se ha encargado de la elaboración de las claves de identificación, las fichas de especie y la mayor parte de las fotografías, que ha aportado al proyecto de su banco de imágenes personal.

Los textos, mapas, ilustraciones y fotografías de Arbolapp tienen como base el conocimiento científico generado por el Real Jardín Botánico del CSIC. La obra de referencia para la selección de los árboles es *Flora iberica*[1], desarrollada en el Real Jardín Botánico por personal investigador de España y Portugal y destinada a la identificación de las especies de plantas vasculares de la península ibérica e islas Baleares. Para elaborar los mapas de distribución de cada especie se ha considerado tanto el área natural como las zonas donde se ha asilvestrado recogidas en esta obra. Como complemento se ha utilizado el programa *Anthos*[2], desarrollado en el Real Jardín Botánico con apoyo de la Fundación Biodiversidad para mostrar información en Internet sobre la biodiversidad de las plantas de España. También se ha recurrido a diversos documentos científicos y comunicaciones verbales contrastadas de investigadores botánicos. Para las especies invasoras, además, se ha consultado la distribución actualizada del *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*[3].

## ARBOLAPP EN EL AULA

Arbolapp forma parte de las múltiples iniciativas y actividades de divulgación puestas en marcha por el CSIC con el propósito de promover la cultura científica en la sociedad y fomentar las vocaciones científicas entre los jóvenes.

La app fue lanzada en noviembre de 2014 y hasta la fecha (octubre de 2016) ha tenido más de 300.000 descargas, lo cual revela tanto el interés de la sociedad por los árboles ibéricos como que, cuando la ciencia está bien comunicada, es capaz de despertar un enorme interés. En este sentido, los esfuerzos no solo se han concentrado en la elaboración de los contenidos, sino también en hacer una intensa labor de promoción en medios de comunicación y redes sociales.

Arbolapp es un proyecto en permanente actualización, un aspecto que favorece su difusión. En marzo de 2016 añadimos 25 nuevas especies y presentamos la página web. Nuestro próximo paso será el lanzamiento de Arbolapp Canarias, una aplicación íntegramente dedicada a los árboles silvestres del archipiélago que esperamos poder presentar a comienzos de 2017.

Por otra parte nos gustaría que la iniciativa tuviese una mayor acogida en el entorno educativo. Arbolapp ya se usa en actividades dirigidas a familias que se realizan habitualmente en el Real Jardín Botánico o en el Arboreto Luis Ceballos. Normalmente esas actividades consisten en una *gymkhana* en la que los participantes tienen que identificar, usando la app, árboles que se encuentran en esos espacios.

También hemos contactado con varios docentes de Secundaria que utilizan la aplicación en sus clases, no solo en España sino en otros países europeos. Este alcance ha sido posible en buena medida gracias a que el recurso ha sido compartido en Scientix (*www.scientix.eu*), la comunidad para la educación de la ciencia en Europa.

Sin embargo, en el futuro cercano tenemos la intención de potenciar el uso didáctico de Arbolapp. Esta es la razón por la que próximamente queremos elaborar propuestas de actividades basadas en Arbolapp adaptadas a diferentes niveles educativos: último ciclo de Primaria, ESO y Bachillerato.

Arbolapp no solo es susceptible de ser utilizada en clase de ciencias, sino que también puede emplearse en la enseñanza de otros contenidos como la literatura y la historia. Como indicábamos antes, en

[1] CASTROVIEJO, S. (coord. gen.). (1986-2016). *Flora ibérica*. Madrid. CSIC.

[2] *Anthos, Sistema de Información sobre las Plantas de España,* Real Jardín Botánico, CSIC - Fundación Biodiversidad, disponible en http://www.anthos.es/ [consultado del 01/02/2014 al 30/11/2015].

[3] SANZ ELORZA, M.; DANA SÁNCHEZ, E. D. y SOBRINO VESPERINAS, E. (2004). *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España,* Dirección General para la Biodiversidad, Madrid.

las fichas abundan citas de la literatura hispánica y universal en la que se hace referencia a los árboles incluidos.

Para descargar gratuitamente Arbolapp basta tener un dispositivo Android o iOS y buscar la aplicación en Play Store o Apple Store. La web del proyecto (*www.arbolapp.es*) incluye enlaces a ambos espacios y los mismos contenidos que la app. Tanto la página como la aplicación incorporan un apartado y un correo electrónico (*arbolapp@csic.es*) a través de las cuales es posible valorar la app y hacer llegar comentarios a sus responsables.

# YOUTUBE COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA MEDIANTE LA ARGUMENTACIÓN

M. Araceli Calvo Pascual

*Grupo de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física. Grupo de Innovación Educativa Didáctica de la Química. Universidad Politécnica de Madrid. Grupo de Investigación Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, DICEMA. 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

**Palabras clave:** Recursos didácticos, aprendizaje de la Física, Youtube, argumentación, aprendizaje cooperativo.

**Keywords:** Teaching resources, Physics learning, Youtube, argumentation, cooperative Learning.

**Resumen**

La primera parte de este trabajo se ocupa de estudios sobre la argumentación en el campo de la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales. A continuación se proponen actividades empleando Youtube como recurso didáctico para el aprendizaje de la Física mediante la argumentación. Las actividades diseñadas se trabajan utilizando técnicas de aprendizaje cooperativo formal e informal.

Las propuestas se orientan hacia la Educación Secundaria Obligatoria, pero son aplicables en todos los niveles educativos haciendo las correspondientes adaptaciones.

Las actividades descritas se han realizado, con pequeñas variaciones, con alumnos del Grado de Magisterio de Educación Primaria que tenían una desmotivación inicial hacia la asignatura y que no recordaban contenidos físicos básicos, dando resultados positivos y reflexiones interesantes para los docentes.

**Abstract**

The first part of this paper focuses on studies of argumentation in the field of research in Didactics of Experimental Sciences. Subsequently activities using Youtube as a teaching resource for learning physics through argumentation are proposed. The activities are applied using formal and informal cooperative learning techniques.

The proposals can be useful for secondary education, but they are applicable in all educational levels doing the necessary adaptations.

The described activities have been applied, with minor variations, with students from the Grade of Teaching Primary who had an initial discouragement to the subject and that they didn't recall physical basic contents. The implementation gave good results and interesting ideas for teachers.

## La argumentación en la enseñanza de las ciencias

El desarrollo de la capacidad argumentativa constituye uno de los aprendizajes clave en la enseñanza de las ciencias (Pedrinaci, 2012)[1]. Incluirlo como objetivo en su enseñanza significa reconocer la contribución de las prácticas discursivas en la construcción del conocimiento científico, puesto que hacer ciencia es proponer y discutir ideas, evaluar alternativas y elegir entre diferentes explicaciones (Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003[2]; Henao y Stipcich, 2008)[3], y los caminos del razonamiento compartido son los mimbres con los que se construye la teoría y se aprende a hacerlo (Rodríguez Gonzalo y Ruiz Bikandi, 2013)[4].

Por esta razón, teniendo en cuenta que el lenguaje científico es un lenguaje específico, los alumnos deben saber hablar Ciencia (Lemke, 1997)[5], leer Ciencia y escribir Ciencia:

Han de experimentar el gozo que se siente cuando se comprueba que un texto escrito «comunica bien las ideas», cuando un discurso oral está bien organizado y es convincente, o cuando al leer se comprende el contenido y se pueden establecer relaciones con lo ya conocido (Sanmartí, 2007)[6].

Por esta razón, los estudiantes no solo tienen que oír las explicaciones, también necesitan oportunidades para practicar usando sus propias ideas, ir ganando confianza y, a través de este proceso, desarrollar su capacidad de construir argumentos (Driver, Newton y Osborne, 2000[7]; Jiménez Aleixandre y Puig, 2013)[8].

Para ello, es necesario trabajar en el aula estas destrezas, puesto que requieren una forma expositiva adecuada, una redacción fluida, dibujos minuciosos de las observaciones, esquemas para situar el tema (Català y Vilà, 1995)[9], que no implican solamente que los estudiantes aprendan vocabulario, sino que tienen que ser precisos en el uso de los verbos, de los conectores, de frases condicionales características del pensamiento hipotético (Sanmartí, 1996)[10]. Es necesaria la complementariedad de los contenidos de ciencia y su tratamiento lingüístico (Campaner y De Longhi, 2007)[11].

---

[1] Pedrinaci, E. (2012). Aprender ciencias es, en buena medida, aprender a leer, escribir y hablar ciencia. En E. Pedrinaci (coord.), *El desarrollo de la competencia científica. 11 ideas clave*. Barcelona, Graó, pp. 147-166.

[2] Jiménez Aleixandre, M. P. y Díaz De Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), pp. 359–370.

[3] Henao, B. L. y Stipcich, M. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Experimentales*, 7(1), pp. 47-62.

[4] Rodríguez Gonzalo, C. y Ruiz Bikandi, U. (2013). El discurso científico en el aula. *Textos de Didáctica de la Lengua y de la Literatura*, 64, pp. 5-8.

[5] Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona, Paidós.

[6] Sanmartí, N. (2007). Hablar, leer y escribir para aprender ciencia. En P. Fernández (coord.), *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo*. Colección Aulas de Verano. Madrid: MEC.

[7] Driver, R.; Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84, pp. 287-312.

[8] Jiménez Aleixandre, M. y Puig, B. (2013). El papel de la argumentación en la clase de ciencias. Llevando a cabo prácticas científicas. *Alambique*, 75, pp. 85-90.

[9] Català, M. y Vilà, N. (1995). *Las funciones lingüísticas en el proceso de adquisición de los conocimientos científicos*. Aula de Innovación Educativa [versión electrónica].

[10] Sanmartí, N. (1996). Para aprender ciencias hace falta aprender a hablar sobre las experiencias y sobre las ideas. *Textos de Didáctica de la Lengua y de la Literatura*, 8, pp. 27-39.

[11] Campaner, J. y De Longhi, A. N. (2007). La argumentación en Educación Ambiental. Una estrategia didáctica para la escuela media. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (4), pp. 442-456.

Esto hace que los profesores deban reflexionar sobre su práctica para crear el entorno adecuado en el que la argumentación y el razonamiento científico vayan creciendo (Simon, Erduran y Osborne, 2006[12]; Simon y Richardson, 2009)[13]; conocer las ideas de los estudiantes, debatir sobre ellas y usar más preguntas abiertas puede promover que haya una interacción dialógica entre los alumnos y que justifiquen mejor sus afirmaciones basándose en las pruebas y al razonamiento (McNeill y Pimentel, 2010).[14]

Dada su importancia, es una temática de la que se ocupa la Didáctica de las Ciencias, pero ¿qué investigaciones se han llevado a cabo?

Revisiones acerca de la investigación en argumentación en ciencias muestran que existen más artículos de opiniones de expertos que de investigaciones, y que se refieren fundamentalmente a la argumentación oral (Tippett, 2009)[15]. No obstante, podemos encontrar investigaciones más recientes que evidencian las deficiencias en la argumentación escrita de estudiantes universitarios de primer curso ante situaciones problemáticas (Almudí, Ceberio y Zubimendi, 2014)[16].

¿Qué ocurre con los profesores?, ¿hay trabajos que estudien la argumentación con los docentes?

En la bibliografía podemos encontrar que el 75% de las investigaciones se ocupan de la argumentación en la enseñanza de las ciencias frente a solamente un 25% que se ocupa de la argumentación en la formación inicial de profesores de ciencias (Archila, 2012)[17].

A pesar de este porcentaje, y teniendo en cuenta trabajos posteriores, destacamos investigaciones referidas a docentes y/o futuros docentes de distintos niveles educativos:

En el contexto de los profesores de Primaria en ejercicio y de la formación inicial de los futuros maestros de Primaria, encontramos investigaciones que muestran los cambios de las concepciones de los docentes sobre la argumentación y su desarrollo en el aula tras un proceso de reflexión crítica (Ruiz Ortega, Márquez y Tamayo, 2014)[18].

En el contexto de los profesores de Secundaria en ejercicio y de la formación inicial de los futuros profesores de Secundaria, destacamos investigaciones con profesores ejerciendo en este nivel educativo (Rezende y Castells, 2010)[19], investigaciones sobre la evaluación de las habilidades cognitivo-lingüísticas relativas a argumentar y explicar en producciones orales y escritas de futuros profesores de Química

---

[12] SIMON, S.; ERDURAN, S. y OSBORNE, J. (2006). Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), pp. 235-260.

[13] SIMON, S. y RICHARDSON, K. (2009). Argumentation in School Science: Breaking the Tradition of Authoritative Exposition Through a Pedagogy that Promotes Discussion and Reasoning. *Argumentation*, 23, pp. 469-493.

[14] MCNEILL, K. y PIMENTEL, D. S. (2010). Scientific Discourse in Three Urban Classrooms: The Role of the Teacher in Engaging High School Students in Argumentation. *Science Education*, 94, pp. 203-229.

[15] TIPPETT, C. (2009). Argumentation: The Language of Science. *Journal of Elementary Science Education*, 21(1), pp. 17-25.

[16] ALMUDÍ, J.; CEBERIO, M. y ZUBIMENDI, J. (2014). Análisis de los argumentos elaborados por estudiantes de cursos introductorios de Física universitaria ante situaciones problemáticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), pp. 71-88.

[17] ARCHILA, P. (2012). La investigación en argumentación y sus implicaciones en la formación inicial de profesores de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(3), pp. 361-375.

[18] RUIZ ORTEGA, F.; MÁRQUEZ, C. y TAMAYO, O. E. (2014). Cambio en las concepciones de los docentes sobre la argumentación y su desarrollo en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), pp. 53-70.

[19] REZENDE, F. y CASTELLS, M. (2010). Interanimation of voices and argumentative strategies in collaborative knowledge building of Physics teachers in an asynchronous discussion group. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9,(2), pp. 396-417.

(Ospina Quintero y Bonan, 2011)[20] y estudios sobre textos escritos por futuros profesores de Física (Andrade Rodrigues, 2015)[21].

Podemos concluir con los resultados de las investigaciones que es necesario trabajar más la argumentación como parte imprescindible del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

## Youtube como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias

Jaramillo Hoyos (2005)[22] afirma, en relación al uso de vídeos, que «cuando el dilema, el conflicto o la pregunta fundamental están planteados en el producto audiovisual, a los demás nos queda la tarea de debatir, de usar el razonamiento y la argumentación para llegar a la meta del conocimiento», por ello consideramos que puede ser un buen recurso para trabajar la argumentación.

Son muchos los trabajos realizados sobre el uso del vídeo en la enseñanza, fundamentalmente centrados en la creación de materiales por parte de los alumnos, pero no se han encontrado en la bibliografía trabajos que traten el uso de Youtube en la enseñanza de las ciencias, con una excepción, en la que Jerry Everhart (2009)[23] plantea posibilidades de trabajo con esta herramienta en el aula de ciencias, tras constatar los beneficios que le ha supuesto para sus clases.

## Youtube como recurso didáctico para el aprendizaje de física mediante la argumentación. Propuestas didácticas

Las propuestas didácticas que se plantean a continuación consisten en utilizar Youtube como recurso didáctico para el aprendizaje de contenidos científicos, en concreto contenidos físicos, mediante la argumentación.

Hablamos del recurso utilizado, pero ¿con qué metodologías promovemos el desarrollo de la argumentación? Obviamente con aquellas que le den un protagonismo al estudiante en el proceso de aprendizaje. Si se lleva a cabo en el aula una cuidadosa combinación de interacción entre iguales con la orientación del experto, los estudiantes pueden mejorar sus destrezas relativas al lenguaje y al razonamiento, y conseguir altos niveles de éxito en el estudio de la ciencia (Mercer, Dawesb, Wegerif y Sams, 2004)[24].

En este sentido, consideramos que las técnicas de aprendizaje cooperativo pueden ser eficaces, teniendo además en cuenta que son muchas sus ventajas: favorecen la motivación intrínseca orientada hacia el propio aprendizaje, refuerzan la atribución del propio esfuerzo, favorecen el aprendizaje significativo, posibilitan el mayor rendimiento académico con la inmersión en la cultura científica, son fundamentales

---

[20] Ospina Quintero, N. y Bonan, L. (2011). Explicaciones y argumentos de profesores de Química en formación inicial: la construcción de criterios para su evaluación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(1), pp. 2-19.

[21] Andrade Rodrigues, M. (2015). A escrita de textos literários na formação dos futuros professores de Física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14, (2), pp. 246-269.

[22] Jaramillo Hoyos, A. (2005). Vídeo argumental y educación en ciencias: una relación paradójica. *Comunicar,* 24, pp. 121-128.

[23] Everhart, J. (2009). Youtube in the Science Classroom. *Science and Children*, Summer 2009, pp. 32-35.

[24] Mercer, N.; Dawesb, L.; Wegerif, R. y Sams, C. (2004). Reasoning as a scientist: ways of helping children to use language to learn science. *British Educational Research Journal,* 30(3), pp. 359-377.

para la adquisición de competencias y contribuyen a crear un buen clima en el aula (Vilches y Gil, 2011[25]; Gupta, 2004[26]; Medrano Samaniego, 1995)[27].

Las propuestas se orientan hacia cursos en los que se trabajan los contenidos básicos de la física, pero son aplicables en todos los niveles educativos haciendo las correspondientes adaptaciones.

A continuación se explican las actividades diseñadas para trabajar con vídeos utilizando técnicas de aprendizaje cooperativo formal e informal (Johnson, Johnson y Smith, 1991)[28, 29].

1. Actividad empleando una técnica de aprendizaje cooperativo formal en la que se trabaja la electricidad con tres vídeos cortos de Youtube sobre tres científicos. Se han seleccionado vídeos de distinta calidad de presentación y contenido, que reflejan la variedad que puede encontrarse en Youtube:

   - Alessandro Volta: La vida de Alessandro Volta, el inventor de la pila, vídeo futureworkss (3 min): *https://youtu.be/g_QftoD1D7s*
   - Michael Faraday: Siguiendo las huellas de Michael Faraday 1 2 (10 min): *https://youtu.be/8-9CuglSp4E*
   - Nikola Tesla: El Señor de las ondas. Nikola Tesla (5 min): *https://youtu.be/tP32h7I4sLM*

   Se han elegido vídeos sobre científicos porque se considera, de acuerdo a Sutton (1997)[30], que en las clases de ciencias se debe resaltar más el factor humano que hay detrás de las ideas científicas más importantes, y las luchas argumentativas implicadas en su establecimiento. Por otra parte, que los estudiantes trabajen textos sobre científicos contribuye a disminuir la imagen estereotipada de la ciencia y de los científicos, y hace que, en el caso de los estudiantes con menor interés hacia la ciencia, aumente su motivación a estudiarla (Hong y Lin-Siegler, 2012)[31].

   Metodología:

   El enlace de los vídeos se pone a disposición de los estudiantes en la plataforma virtual y se distribuyen aleatoriamente entre los alumnos el primer día de clase.

   Con cada vídeo, los alumnos deberán trabajar unas cuestiones (disponibles también en un documento en la plataforma virtual, junto a la explicación detallada del desarrollo de la actividad), relativas a:

   - Los científicos de los que se ocupan los vídeos:
     – ¿Quién fue Volta?, ¿cuál fue su trayectoria profesional?
     – ¿Quién fue Faraday?, ¿cuál fue su trayectoria profesional?
     – ¿Quién fue Tesla?, ¿cuál fue su trayectoria profesional?

---

[25] VILCHES, A. y GIL, D. (2011). El trabajo cooperativo en las clases de ciencias. Una estrategia imprescindible pero aún infrautilizada. *Alambique*(69), pp. 73-79.

[26] GUPTA, M. L. (2004). Enhancing student performance through cooperative learning in physical sciences. *Assessment & Evaluation in Higher Education,* 29(1), pp. 63-73.

[27] MEDRANO SAMANIEGO, C. (1995). La interacción entre compañeros: el conflicto sociocognitivo, al aprendizaje cooperativo y la tutoría entre iguales. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado,* 23, pp. 177-186.

[28] JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T. y SMITH, K. A. (1991). *Cooperative Learning: Increasing College Faculty Instructional Productivity. ASHE-ERIC Higher Education Report n.º 4.* Washington, D. C.: The George Washington University, School of Education and Human Development.

[29] JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T. y SMITH, K. A. (1991). *Active Learning: Cooperation in the College Classroom.* Minnessota: Interaction Book Company.

[30] SUTTON, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique,* 12, pp. 8-32.

[31] HONG, H. y LIN-SIEGLER, X. (2012). How Learning About Scientists' Struggles Influences Students' Interest and Learning in Physics. *Journal of Educational Psychology,* 104(2), pp. 469-484.

- Sus investigaciones y las aplicaciones de sus descubrimientos en nuestra vida cotidiana:
  - ¿Qué es la corriente continua?, ¿qué diferencia hay entre un circuito en serie y uno en paralelo?, ¿en qué consiste un desfibrilador?
  - ¿En qué consiste el electromagnetismo?, ¿qué es la inducción electromagnética?, ¿es aplicable en nuestra vida cotidiana?
  - ¿Qué es la corriente alterna?, ¿qué ventajas tiene respecto a la continua?

Cada estudiante, antes del día de la implementación de la actividad en el aula, debe ver el vídeo que le ha correspondido, responder a las cuestiones específicas (para lo que necesitará consultar distintas fuentes de información, viendo la importancia de contrastar la información y de consultar fuentes rigurosas) y elaborar un mapa conceptual que le sirva para explicar los contenidos trabajados de una forma breve (máximo, 10 min), sencilla pero rigurosa, al resto de miembros del grupo que se creará en el aula el día en el que se lleve a cabo la actividad.

La explicación detallada del desarrollo de la actividad, disponible para los estudiantes en la plataforma digital, se indica a continuación:

- Actividad previa: con el análisis del vídeo y de las cuestiones, cada alumno/a debe elaborar un mapa conceptual que le sirva para poder explicar los contenidos trabajados de una forma breve (dispone de 10 min máximo de exposición oral), sencilla pero rigurosa, al resto de miembros del grupo.
- Sesión 1: el mapa conceptual debe enseñarse a la profesora en formato papel al inicio de la sesión, e incluirá la bibliografía/webgrafía utilizada.

  En dicha sesión se realizará una reunión de expertos (entre los estudiantes que han trabajado el mismo texto y cuestiones, siendo imprescindible para poder participar en ella haber mostrado el mapa conceptual al inicio de la sesión). El intercambio de información hará que cada estudiante pueda completar su propio mapa conceptual enriqueciéndolo respecto al que tenía inicialmente.
- Sesión 2: se realizará una reunión en grupo entre estudiantes con vídeos distintos (3 estudiantes/grupo). Tras la exposición de cada miembro al resto (con una información más completa que la inicial tras la reunión de expertos de la sesión 1), cada grupo elaborará un mapa conceptual que integre todos los contenidos trabajados. Al final de la sesión se entregará a la profesora el mapa grupal y los mapas individuales realizados en la sesión 1.

2. Actividades empleando una técnica de aprendizaje cooperativo informal con los siguientes recursos:

   2.1. Vídeos de corta duración (1 a 4 min) disponibles en Youtube.
   - La conservación de la energía en un gran péndulo: *https://youtu.be/onxGV17isfQ*
   - La imagen de un *mirascope*: *https://youtu.be/zNqXtzTclqE*
   - La experiencia de caída libre realizada en la luna en la misión del Apollo 15: *https://youtu.be/KDp1tiUsZw8*

   Metodología: se muestra un primer fragmento del vídeo, se para y se les pide a los alumnos que, primero individualmente y después en una discusión por parejas (máximo, 5 min), predigan qué ocurrirá y por qué, argumentando sus respuestas basándose en sus conocimientos físicos:
   - ¿La bola del péndulo lesionará al profesor al volver al punto de partida?
   - ¿Por qué no puede cogerse la bola de algodón con unas pinzas?
   - ¿Llegarán a la vez al suelo los dos objetos?

   A continuación se muestra el resto del vídeo y se discute en gran grupo.

   2.2. Vídeo elaborado con un editor de vídeos a partir de fragmentos de otros vídeos presentes en Youtube y de fotografías propias.

El vídeo (con una duración de 10 min) muestra ejemplos de la vida cotidiana en los que se producen transformaciones energéticas: montañas rusas y lanzaderas de parques de atracciones; columpios, toboganes y balancines de parques infantiles; secuencias de partidos de baloncesto; saltos de trampolín; imágenes de las Fallas de Valencia…

Metodología:

Los alumnos, individualmente, tienen que describir la observación realizada, interpretar lo visionado, y dar otros ejemplos posibles argumentando la respuesta. A continuación, en grupos de 2 o 3 alumnos, ponen en común sus respuestas, las discuten y redactan una respuesta común, resultado de los procesos de asociación, construcción sobre las ideas del compañero y síntesis.

Por último, se hace una puesta en común en gran grupo en la que uno de los miembros de cada grupo (todos deben estar preparados para responder) haga un resumen de las discusiones, escribiéndose en la pizarra aspectos clave de lo expuesto por cada grupo.

## APLICACIÓN EN EL AULA Y DISCUSIÓN

Las actividades descritas, adaptadas a un nivel de ESO, se han realizado con pequeñas variaciones, con alumnos del Grado de Magisterio de Educación Primaria que tenían una desmotivación inicial hacia la asignatura y que no recordaban contenidos físicos básicos. En concreto de 66 estudiantes, un 46% había estudiado Física por última vez en 3.º ESO, y solamente un 6% había cursado Física hasta 2.º de Bachillerato.

La evaluación docente permitió llegar a las siguientes reflexiones:

- La participación y el grado de implicación con los que han llevado a cabo las discusiones dentro de las técnicas de aprendizaje cooperativo informal y formal ha superado las expectativas. Los alumnos se esforzaron en argumentar sus respuestas y exponerlas adecuadamente. Esta observación está en consonancia con lo expuesto por Jiménez Aleixandre (2010)[32]: «Los alumnos/as pueden llegar a actuar como productores de conocimiento y como expertos si este es el papel que se demanda de ellos en clase y si reciben el apoyo adecuado por parte del profesorado».
- Por otra parte, tener que explicar a los compañeros lo trabajado individualmente hace que mayoritariamente (un 90% de los alumnos) no se limiten a «copiar y pegar» la redacción textual que aparezca en una página de internet aunque no entiendan su contenido, en consonancia con lo afirmado por Serrano y Pons (2013)[33]: «Aprender un contenido para debatirlo con otros, que también lo conocen, implica clarificar las ideas y dotarse de argumentos para poder justificar sus propios puntos de vista, lo que impide la recurrencia a un aprendizaje de tipo superficial y obliga de manera directa a dotar de significado y sentido a los contenidos objeto de debate».
- Hay una cuestión importante a destacar en relación a la argumentación y al aprendizaje, detectada al llevar a cabo la observación en los distintos grupos y tener conversaciones con los estudiantes: el hecho de que argumenten más no significa que tengan más conocimiento. Hay alumnos que argumentan pero basándose en afirmaciones incorrectas, lo que está de acuerdo con otros estudios (Kelly, Druker y Chen, 1998)[34]. No obstante, las discusiones sirvieron para evidenciarlas y poder intervenir, y las mejoras en la argumentación llevaron consigo una mejora en el aprendizaje de los contenidos.

---

[32] JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2010). *Competencias en argumentación y uso de pruebas. 10 ideas clave.* Barcelona: Graó.

[33] SERRANO, J. M. y PONS, R. M. (2013). Influencia del parámetro de mutualidad en la formación del profesorado universitario en y mediante métodos de aprendizaje cooperativo. *Infancia y Aprendizaje: Journal for the Study of Education and Development,* 36(3), pp. 361-373.

[34] KELLY, G. J.; DRUKER, S. y CHEN, C. (1998). Students's reasoning about electricity: combining performance assessments with argumentation analysis. *International Journal of Science Education,* 20(7), pp. 849-871.

- Por último, comentar las deficiencias de los alumnos a la hora de expresarse, recurriendo a un lenguaje coloquial. Fue necesaria frecuentemente la intervención del profesor para evitarlo puesto que, de acuerdo a Serra y Caballer (1997)[35], deben aprender a comprender y a expresarse no solo en situaciones de comunicación cotidiana, sino en situaciones de uso formal.

La evaluación de los alumnos respecto a estas actividades fue positiva. Se pidió que valoraran el uso de los vídeos de Youtube como recurso didáctico, las reuniones de expertos y de grupo de la actividad de aprendizaje cooperativo formal, y las discusiones durante 5-10 min entre 2 o 3 alumnos de la actividad de aprendizaje cooperativo informal.

La puntuación con que tenían que valorarlas era del 1 al 4 (siendo 1 la valoración más baja y 4 la más alta), justificando la respuesta. Los resultados fueron los siguientes:

- Un 92% del alumnado valora con 3-4 el uso del vídeo como recurso didáctico. Lo justifican diciendo que aprenden de forma más sencilla (57%), que permiten ver la física en la vida real (18%), que atrae la atención y a la vez se aprende (16%). El resto de respuestas se refieren al estímulo visual que supone y a la utilidad de este recurso como futuros docentes.
- Un 82% del alumnado valora con 3-4 las reuniones de expertos y de grupo y un 75% del alumnado valora las discusiones durante 5-10 min entre 2 o 3 alumnos con una puntuación de 3-4.

  En cuanto a la justificación libre que dan, un 80% de respuestas se centran en la mejoras que supone realizar estas reuniones: permiten que a través del debate el aprendizaje sea mejor (32%), intercambiando ideas (20%), mejorando las habilidades de comunicación (18%) y aceptando y respetando las opiniones de los demás, aprendiendo a trabajar en equipo (10%). El resto de respuestas se refieren al excesivo tiempo que supone realizarlas (11%), a las consecuencias de desigualdades del trabajo entre los distintos miembros del grupo (8%) y a la mejora que supone en la realización de esquemas y búsqueda de información (2%).
- En relación a las discusiones durante 5-10 min entre 2 o 3 alumnos, afirman que permiten conocer las ideas de los compañeros (46% de respuestas) y aprender de ellos (29%). El resto de respuestas se refiere a que su utilidad depende de lo que cada persona pueda aportar (11%), a la pérdida de tiempo que puede suponer (8%) y a que es otra manera de aprender más dinámica, que mejora el trabajo de cada alumno dentro del grupo (6%).

Los resultados de la opinión de los futuros maestros en relación al aprendizaje cooperativo son similares a los de otros estudios realizados con estudiantes universitarios (Ibarra Sáiz y Rodríguez Gómez, 2007)[36] y con alumnos de niveles educativos de la enseñanza obligatoria (Ibáñez y Gómez Alemany, 2004)[37].

## Conclusiones

Youtube está presente en la vida diaria de todos los alumnos, y los docentes pueden hacer que esté presente en el día a día de las aulas. Actividades que utilicen este recurso permiten aumentar la motivación del alumnado.

Por otra parte, es necesario por parte del docente que, a la hora de diseñar y aplicar en el aula actividades, no se tengan en cuenta solamente los objetivos relacionados con los contenidos específicos de la asignatura, sino que se plantee también, como objetivo, potenciar la argumentación.

---

[35] Serra, R. y Caballer, M. (1997). El profesor de ciencias también es profesor de lengua. *Alambique,* 12, pp. 43-49.

[36] Ibarra Sáiz, M. S. y Rodríguez Gómez, G. (2007). El trabajo colaborativo en las aulas universitarias: reflexiones desde la autoevaluación. *Revista de Educación*, 344, pp. 355-375.

[37] Ibáñez, V. E. y Gómez Alemany, I. (2004). ¿Qué pasa cuando cooperamos? Hablan los alumnos. *Investigación en la Escuela*, 54, pp. 69-79.

En función del tipo de actividad que se plantee, el alumno puede limitarse a escuchar o, si tiene que elaborar un trabajo, copiar la información que encuentra en otras fuentes o bien que tenga que esforzarse en argumentar adecuadamente. En este sentido, la actividad diseñada empleando una técnica de aprendizaje cooperativo formal cumple este segundo objetivo.

Por otra parte, puesto que para potenciar la argumentación el estudiante debe argumentar, pero también saber cómo hacerlo, las actividades descritas suponen una mejora en este aspecto, teniendo en cuenta que las mejoras en la argumentación llevan consigo una mejora en el aprendizaje de los contenidos.

Los resultados no son generalizables, tanto por el limitado tamaño de la muestra con la que se han aplicado las actividades descritas, como por no haber sido escogida aleatoriamente, pero el estudio realizado sobre la argumentación y las actividades descritas aporta información interesante que puede servir para que los docentes reflexionen sobre esta cuestión y apliquen en sus aulas estas actividades, o variaciones diseñadas por ellos mismos que supongan una mejora del razonamiento argumentativo de los alumnos y de su aprendizaje.

# Prácticas de Química Orgánica posibles gracias a las nuevas tecnologías

M.ª Pilar García Armada

*Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid*
*C/ José Gutiérrez Abascal, 2 - 28006 Madrid*
pilar.garcia.armada@upm.es

Daniel Fernández-Avilés Pedraza

*Rectorado UPM, Edificio A, Universidad Politécnica de Madrid. C/ Ramiro de Maeztu, 7 - 28040 Madrid*
d.fernandezaviles@upm.es

**Palabras clave:** Laboratorio virtual, Química Orgánica, práctica virtual, grupos funcionales.

**Keywords:** Virtual lab, Organic Chemistry, virtual practicals, functional groups.

**Resumen**

El presente proyecto pretende posibilitar la realización de prácticas virtuales de Química Orgánica en aquellos casos en que no sea posible su realización real. El laboratorio virtual utiliza el *software* de código abierto OpenSim. El lenguaje de programación empleado es Linden Scripting Languaje, que permite imprimir distintas funcionalidades a los objetos 3D. En el laboratorio virtual de Química, el alumno-avatar cuenta con la ayuda de un tutor virtual encargado de guiarle. En este artículo se describe la primera práctica desarrollada sobre la identificación de grupos funcionales (alcanos, alquenos, alcoholes, aminas, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos).

**Abstract**

The present project aims to develop virtual practicals of Organic Chemistry in the cases when the real accomplishment is not possible. The virtual laboratory uses the open-source OpenSim software and the Linden Scripting Languaje as programming language, which allows bringing several functionalities to the 3D objects. In the virtual laboratory of chemistry, the avatar-students count with the aid of a virtual tutor who will guide and help them. In this paper we describe the first developed practice on the identification of functional groups (alkanes, alkenes, alcohols, amines, aldehydes, ketones and carboxylic acids).

## 1. Importancia de las nuevas tecnologías en la educación

La enseñanza universitaria española está afectada, por un lado, por la tensión entre el volumen de la población estudiantil y los recursos disponibles, y por otro por los nuevos horizontes que las TIC han desvelado[1,2].

La tendencia dominante desde hace varios años es la masificación del alumnado, con un incremento constante de alumnos, junto con la reducción progresiva del número de profesores. Como consecuencia, los medios y los espacios disponibles para la elaboración de las prácticas de laboratorio se encuentran sobrepasados. En este contexto, van surgiendo diversas experiencias de simulación[3] que salen al paso de los problemas anteriores a la vez que incorporan nuevas funcionalidades pedagógicas y operativas:

- Facilitan la realización de las prácticas docentes a través de Internet, en cualquier momento y lugar.
- Fomentan el trabajo autónomo del alumno facilitando la personalización del proceso de aprendizaje, al tiempo que incentivan la participación activa de los estudiantes.
- Permiten ofertar prácticas que en la vida real sería muy difícil llevar a cabo, bien por motivos de seguridad en la manipulación de equipos y materiales (material tóxico, radiactivo o biológico, aparatos eléctricos, etc.), por el coste de los equipos implicados, por el entorno en el que han de realizarse (fuera de los laboratorios), por la no disponibilidad de espacios o por tratarse de experiencias que requerirían plazos reales de tiempo muy dilatados.
- Posibilitan el acceso de colectivos externos: alumnos de enseñanzas medias, estudiantes de otras universidades, etc. Es decir, de la sociedad en su conjunto.

Como resultado de los trabajos de este y otros proyectos de desarrollo de prácticas virtuales, considerados de Innovación Educativa, nace la plataforma GridLabUPM en 2010. Esta plataforma alberga una serie de laboratorios virtuales en los cuales se pueden realizar prácticas docentes reales de las distintas Escuelas de la Universidad Politécnica de Madrid, entre los que se encuentra el laboratorio virtual de Química Orgánica.

## 2. Laboratorio virtual de Química Orgánica

La realización de prácticas de Química Orgánica implica siempre riesgos por manipulación de sustancias tóxicas o nocivas, muchas de ellas cancerígenas, con volatilidad relativamente alta. En la ETSI Industriales se imparte Química Orgánica en las asignaturas Química II, de primer curso de las titulaciones de Grado en Ingeniero en Tecnologías Industriales (GITI) e Ingeniero Químico (GIQ), Ampliación de Química, asignatura de complementos del Máster en Ingeniería Industrial (MII) y Química Orgánica, de segundo curso de GIQ. Debido a la peligrosidad citada y a la falta de medios de seguridad, solamente se programan prácticas de Química Inorgánica y de Química Analítica para Química II, y prácticas que no impliquen ningún riesgo para Química Orgánica, lo cual limita mucho los conocimientos prácticos de estos alumnos. La asignatura Ampliación de Química no tiene prácticas programadas.

Las nuevas tecnologías aportan la posibilidad de realizar prácticas virtuales mediante avatares que realizan punto por punto los mismos cálculos y manipulaciones que se realizarían en una práctica real, pero excluyendo toda la peligrosidad. Además, posibilitan que asignaturas que no tienen asignadas prácticas

---

[1] Jong, T.; Linn, M. C. y Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340, pp. 305-308.

[2] Balamuralithara, B.; Woods, P. C. (2009). Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab, *Computer Applications in Engineering Education*, 17, pp. 108-118.

[3] Darrah, M.; Humbert, R.; Finstein, J.; Simon, M.; Hopkins, J. (2014). Are Virtual Labs as Effective as Hands-on Labs for Undergraduate Physics? A Comparative Study at Two Major Universities. *Journal of science education and technology*, 23, pp. 803-814.

por falta de espacio y/o de infraestructuras puedan cursarlas también, por lo que se consideran de gran interés. Por otro lado, pueden contribuir a la evaluación continua de los contenidos de las asignaturas. pues permiten realizar evaluaciones de lo realizado por el alumno y de sus resultados.

Actualmente están en desarrollo dos prácticas dedicadas a identificación de grupos funcionales y a la obtención de dos isómeros geométricos. La primera de ellas persigue que el alumno, siguiendo una sistemática analítica, pueda clasificar una molécula desconocida dentro de una familia orgánica mediante ensayos con reactivos basados en las reacciones más características de los grupos funcionales, que se estudian en las clases de teoría (alcanos, alcoholes, aminas, alquenos, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos) y la preparación de todos los reactivos necesarios. La segunda práctica se realiza en el mismo laboratorio y con los mismos materiales y consiste en la obtención de los isómeros geométricos ácidos cis y trans 2-butenodioico (ácidos maleico y fumárico) a partir del anhídrido maleico (2,5-dioxofurano) y el estudio de las diferencias entre sus propiedades físicas y químicas. Estas prácticas son los primeros pasos para un desarrollo posterior con más prácticas virtuales de la misma materia y con complejidad creciente. En este trabajo se describirá la primera de ellas, que se encuentra totalmente desarrollada.

## 3. Herramientas *software* necesarias

Para el desarrollo y posterior uso del laboratorio virtual de Química se necesitan dos herramientas:

- OpenSimulator(OS) o más comúnmente conocido como OpenSim[4] es un servidor 3D de código abierto, multiplataforma y multiusuario, que nos permite crear mundos virtuales. Está escrito en C# y, por lo tanto, corre en sistemas operativos Windows sobre el .NET Framework de Microsoft, y sobre el framework Mono para sistemas operativos Linux. En la actualidad, se encuentra en la versión 0.8.2.1 considerada todavía como una versión alfa, puesto que los desarrolladores están todavía corrigiendo errores para mejorar su estabilidad antes de lanzar su versión 1.0. OS permite recrear mundos de la misma forma que en Second Life[5], utilizando las mismas primitivas y su mismo lenguaje *script* (LSL) para dotar de comportamiento a los objetos. Además, posee algunas funciones propias que se pueden utilizar dentro de los *scripts* de la misma forma que las de LSL, denominadas funciones OSSL.
- Para acceder al mundo virtual se necesita una aplicación cliente, que se utiliza como visor. Por medio de esta se inicia sesión y se reciben todos los datos del servidor relacionados con la posición del avatar y con la información de los objetos cercanos, para su posterior renderizado. Es decir, esta aplicación es la que se encarga de la visualización 3D y de la interacción con el usuario por medio del ratón y el teclado. Todos estos visores permiten la comunicación entre avatares, ya sea por medio de chat o por voz. Existen varios visores que pueden conectarse tanto a SL como a OS (Hippo Viewer, Imprudence, Phoenix Viewer, Singularity).

## 4. Tutor virtual

El laboratorio virtual de Química Orgánica cuenta con la ayuda de un tutor virtual[6] encargado de guiar y ayudar a los alumnos a través de la práctica y de corregir las diferentes acciones que vayan realizando a lo largo del proceso de la misma. El tutor virtual se comunica con el alumno a través de mensajes de

[4] OpenSimulator Team (2011a), [en línea], disponible en http://opensimulator.org/wiki/Main_Page/ [consultado el 15/05/2016].

[5] OpenSim Team (2011a) History, [en linea], disponible en http://opensimulator.org/wiki/History [consultado el 15/05/2016].

[6] Rico, M.; Ramírez, J.; Riofrio, D.; Berrocal-Lobo, M. y De Antonio, A. (2012). An architecture for virtual labs in engineering education. *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2012 IEEE, pp. 1-5.

texto que le van dando una retroalimentación constante de su progreso en el laboratorio y, a su vez, nos permite registrar en forma de historial todas las acciones del alumno en el laboratorio con un gran número de detalles, así como los errores cometidos. Esta funcionalidad sirve de gran ayuda a la hora de la evaluación y de la corrección de posibles errores, ya que el docente puede revisar cada una de las acciones que realizaron los alumnos y las distintas situaciones a las que se tuvieron que enfrentar, así como las decisiones que tomaron para superarlas.

## 5. Acceso al laboratorio virtual

En primer lugar, el usuario tiene que registrarse en la plataforma y crearse un avatar como el que se muestra en la *figura 1*, que corresponderá con la representación virtual del estudiante en el mundo virtual. Antes de la entrada en el laboratorio, el avatar deberá seguir todas las medidas de seguridad proveyéndose de bata, guantes y gafas.



*Figura 1*. Avatar.

Al entrar en la plataforma GridLabUPM, los usuarios se encuentran con una región central de bienvenida (*figura 2*), constituida por edificios y un punto de encuentro virtual, así como con una región tutorial para adaptarse al manejo del nuevo entorno.



*Figura 2.* Región central.

Y, por último, una vez acabada la adaptación del usuario al nuevo entorno, el avatar se dirigirá al laboratorio de Química Orgánica para comenzar a hacer la práctica. Puesto que la práctica se ha desarrollado en la ETSI Industriales, el laboratorio se ha diseñado manteniendo la estructura exterior de la escuela (*figuras 3 y 4*).



*Figura 3.* Laboratorio virtual de Química Orgánica.

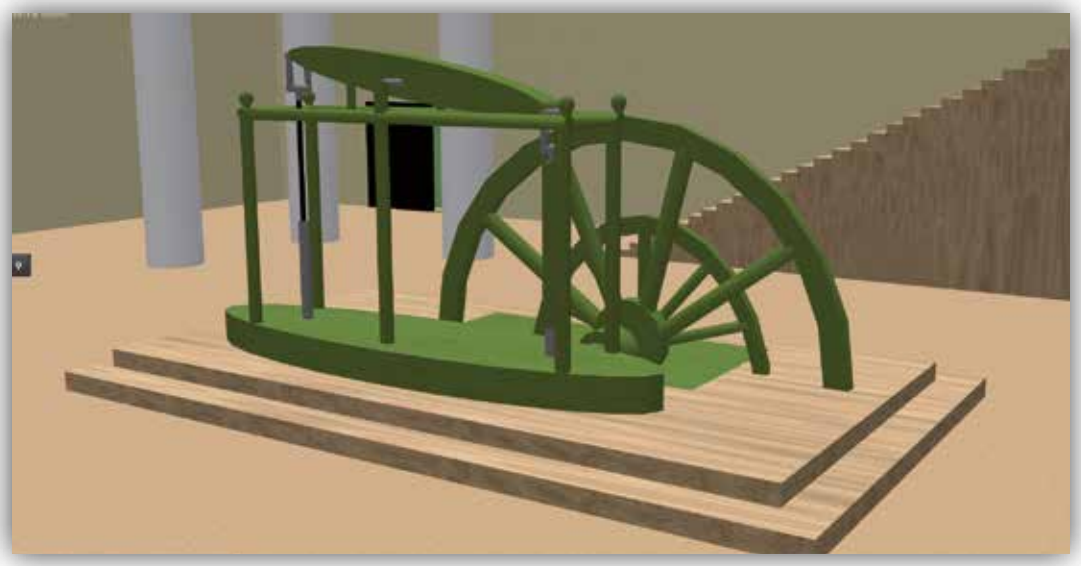


*Figura 4.* Laboratorio virtual de Química Orgánica.

## 6. Objetivos de la práctica de identificación de grupos funcionales en Química Orgánica

Esta primera práctica persigue que el alumno, siguiendo una sistemática analítica, pueda clasificar una molécula desconocida dentro de una familia orgánica mediante ensayos con reactivos basados en las reacciones más características de los grupos funcionales, que se estudian en las clases de teoría. El comportamiento químico y físico de una molécula orgánica se debe principalmente a la presencia en su

estructura de un átomo o grupo de átomos llamados grupos funcionales. Los grupos funcionales son agrupaciones constantes de átomos que confieren propiedades físicas y químicas particulares a la estructura de hidrocarburo que las posee; por tanto, es muy importante averiguar qué grupos funcionales posee una molécula, ya que ello permitirá, en muchas ocasiones, predecir sus propiedades o explicar su comportamiento en un proceso químico o físico.

## 7. Realización de la práctica

Una vez en el laboratorio, en la primera fase de la práctica los alumnos tendrán que realizar los cálculos necesarios y preparar todos los reactivos necesarios[7] (hidróxido sódico 1 M, indicador universal, permanganato potásico 0,02 M, nitrato de plata al 5 %, amoniaco al 5 %, reactivo de Tollens y 2,4-dinitrofenilhidracina), realizando pesadas, mezclas, soluciones, etc. En la *figura 5* se muestra el puesto de trabajo para la preparación de reactivos en visión subjetiva del avatar.

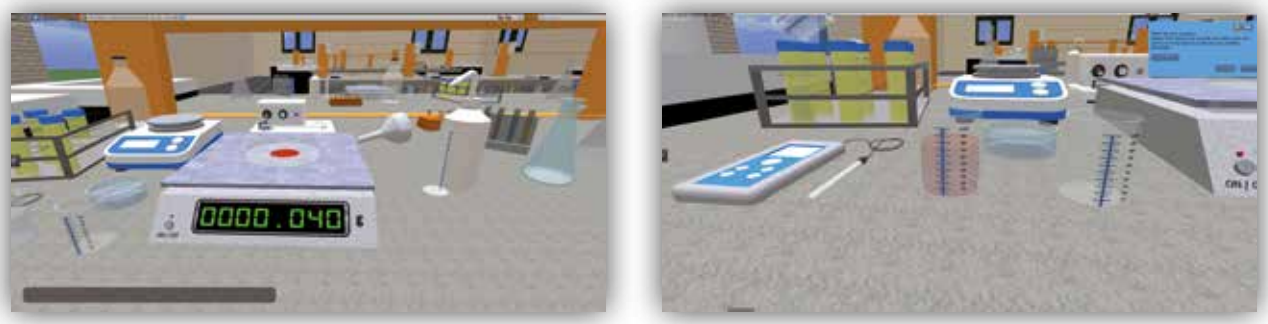



*Figura 5.* Puesto de trabajo para la preparación de reactivos.

Una vez preparados los reactivos, los alumnos experimentarán con compuestos conocidos para familiarizarse con las reacciones. Se numeran 10 tubos de ensayo y se colocan en la gradilla. A continuación se añaden en cada uno de ellos las sustancias indicadas en la *tabla 1* en las cantidades mostradas.

| Tubo de muestra n.º | Sustancia | Cantidad |
|---|---|---|
| 1 | Ácido acético (etanóico) | 10 gotas |
| 2 | Agua destilada | 10 gotas |
| 3 | Dietilamina | 10 gotas |
| 4 | Propanal | 10 gotas |
| 5 | Propanal (b) | 2 gotas |
| 6 | Ciclohexeno | 10 gotas |
| 7 | Ciclohexeno (b) | 2 gotas |
| 8 | Acetona | 10 gotas |
| 9 | Etanol | 20 gotas |
| 10 | n-Hexano | 20 gotas |

*Tabla 1.*

Y se comienza a aplicar el esquema sistemático de análisis mostrado en la *figura 6*.

[7] Morrison, R. T. y Boyd, R. N. (1998). *Química Orgánica.* 5.ª ed. Pearson Educación. Addison Wesley Longman, México.

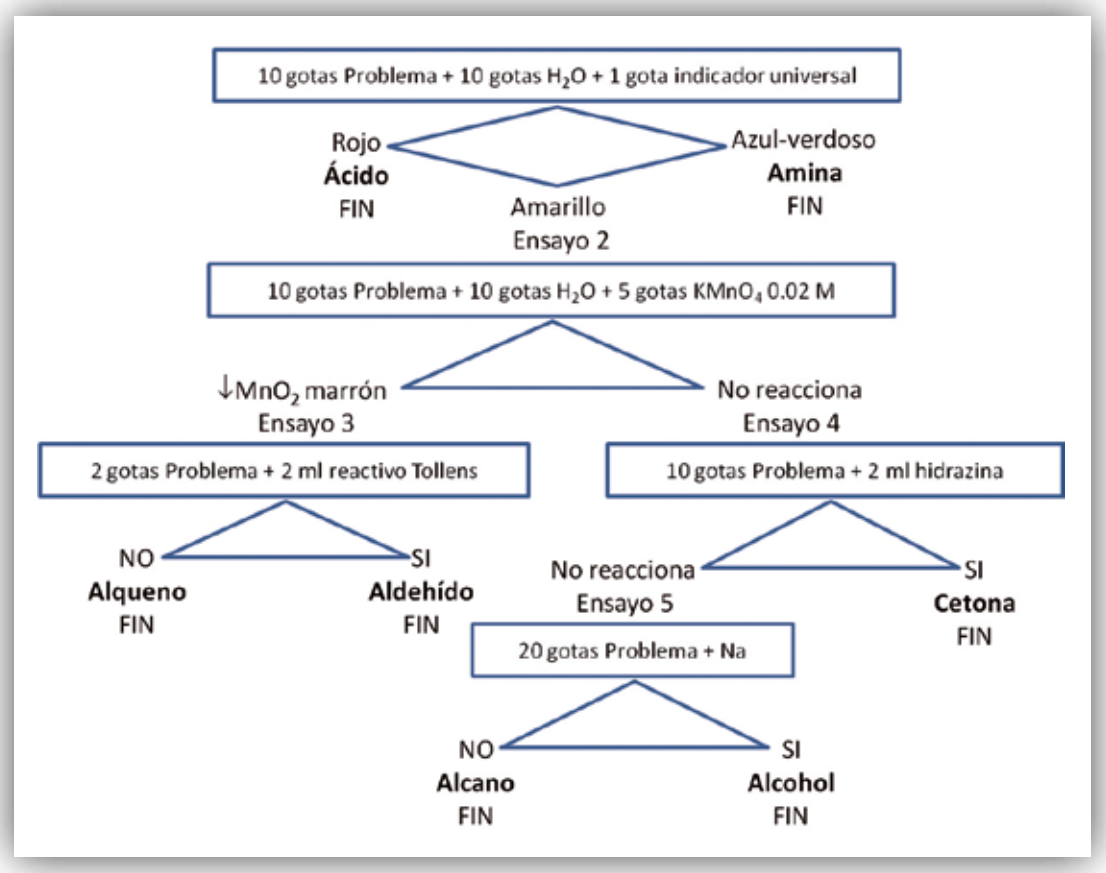



*Figura 6.* Esquema de la sistemática a seguir.

Como puede observarse, la primera etapa permitirá clasificar los compuestos orgánicos en función de sus propiedades ácido-base utilizando el indicador universal, que vira a color rojo con un ácido y a color verde-azulado con una base. Si al agregar unas gotas del indicador la mezcla no cambia su color inicial (amarillo), la molécula analizada no tiene comportamiento ácido ni básico, y se pasa a la segunda etapa. En esta segunda etapa se utiliza disolución acuosa neutra de $KMnO_4$, un agente oxidante que permitirá detectar los grupos fácilmente oxidables de la molécula, si los hubiera. En presencia de un grupo oxidable la disolución del oxidante, inicialmente de color violeta oscuro, se torna prácticamente incolora al tiempo que se observa la precipitación de dióxido de manganeso, $MnO_2$, de color marrón oscuro.

Partiendo de los diez tubos de ensayo con las muestras de la *tabla 1*, se comienza la sistemática añadiendo 10 gotas de agua destilada a los tubos 1-3, se mezcla perfectamente y se agrega una gota del indicador universal. Los resultados deben ser, tubo 1: rojo, tubo 2: amarillo-verdoso o amarillo-anaranjado, tubo 3: azul-verdoso.

Se agregan ahora 10 gotas de agua destilada y 5 gotas de disolución 0,02 M de $KMnO_4$ a los tubos 4 y 6 y se agita suavemente cada tubo aproximadamente durante un minuto. En ambos tubos se debe apreciar la aparición de precipitado marrón oscuro de $MnO_2$.

Se agregan 2,0 ml de reactivo de Tollens a los tubos 5 y 7, se agita suavemente unos dos minutos y se deja reposar otros 5 minutos. Debe aparecer una capa de precipitado plateado, el espejo de plata en el tubo 5 mientras que no hay reacción en el tubo 7.

Se agregan 2,0 ml de disolución de 2,4-dinitrofenilhidrazina (muy tóxica) al tubo 8, se agita vigorosamente y se deja reposar unos minutos. Se observará la aparición de un sólido amarillo-anaranjado indicando la presencia del grupo cetona. Los aldehídos pueden también producir una coloración amarillo-anaranjada

y confundirse con una cetona, pero pueden diferenciarse mediante la reacción con permanganato de potasio, que se habría realizado con anterioridad.

Se agrega a los tubos 9 y 10 un trocito pequeño de sodio metálico y se agita suavemente unos 15 segundos. Se observará que el sodio se disuelve ocasionando burbujeo de $H_2$ en el tubo 9 y ninguna reacción en el 10. La *figura 7* muestra algunas capturas del puesto de trabajo para el análisis de los grupos funcionales y los tubos de ensayo con las distintas mezlas.

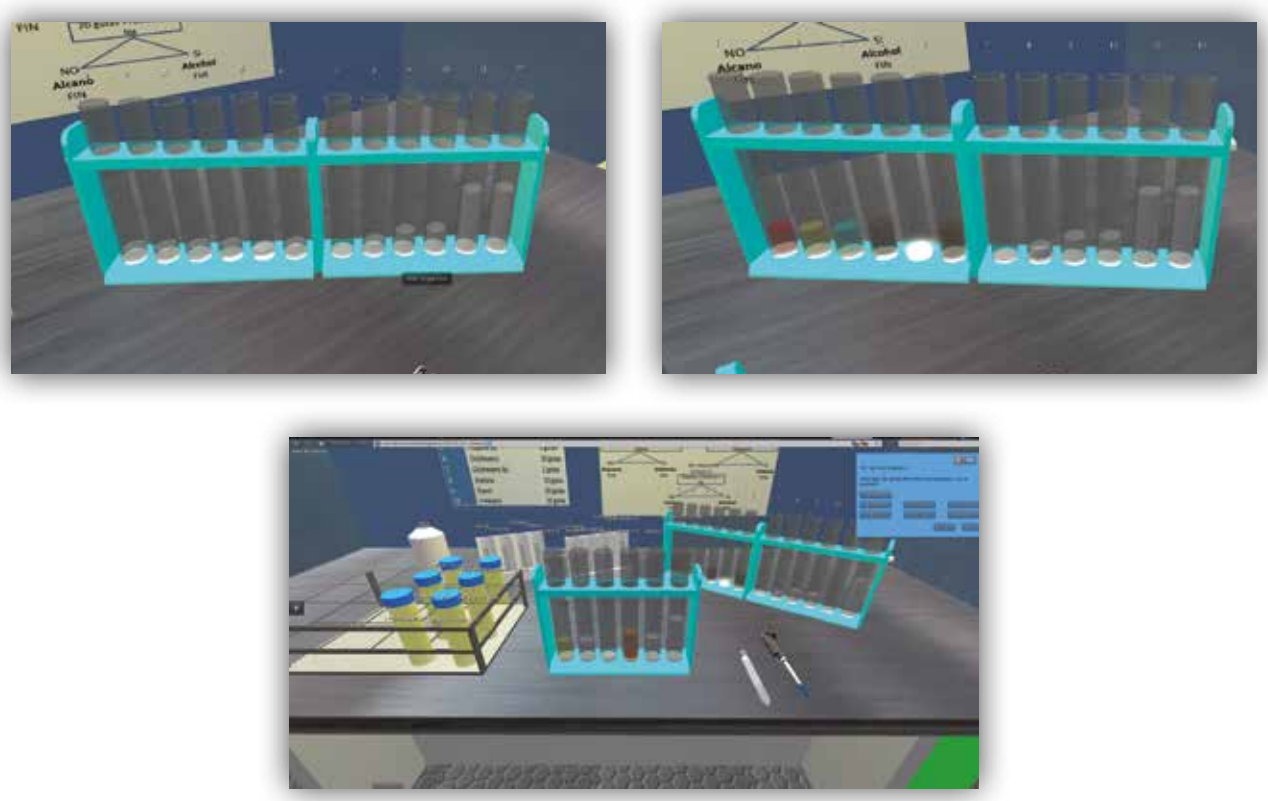


*Figura 7.* Realización de los ensayos.

## 8. Pruebas y encuestas de satisfacción

Durante el desarrollo de la práctica virtual, y como paso previo a su implantación general, se realizaron una serie de pruebas con una muestra de 60 alumnos. Los resultados de los primeros estudios realizados mostraron una predisposición positiva de los alumnos para el 100 % de los encuestados, aunque el 65 % de ellos consideró que el manejo del visor resultaba complicado. También se detectaron problemas de saturación al confluir más de ocho alumnos simultáneamente. Una vez solucionados estos problemas, el 75 % de los alumnos participantes calificaron la realización de la práctica como experiencia positiva y repetirían en otros laboratorios. Hay que resaltar que ningún alumno la consideró inútil o «pérdida de tiempo».

## 9. Conclusiones

Los laboratorios virtuales son una alternativa valiosa en aquellos casos en los que no es posible la realización práctica de experiencias de laboratorio y han demostrado ser una buena herramienta para la realización de prácticas de Química Orgánica. En esta primera experiencia se ha desarrollado una

práctica que permite identificar y clasificar una molécula desconocida dentro de una familia orgánica mediante ensayos con reactivos basados en las reacciones más características de los grupos funcionales, que se estudian en las clases de teoría (alcanos, alcoholes, aminas, alquenos, aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos). El éxito de aceptación por parte de los alumnos nos anima a desarrollar nuevas prácticas y se encuentra actualmente en desarrollo una segunda práctica relativa a la obtención y estudio de las propiedades de los isómeros geométricos ácidos cis y trans 2-butenodioico (ácidos maleico y fumárico).

# Uso de *smartphones* en experimentos de física en el laboratorio y fuera de él

Miguel Ángel González Rebollo

*Departamento de Física la Materia Condensada, Escuela de Ingenierías Industriales. Paseo del Cauce, s/n - 47011 Universidad de Valladolid*
mrebollo@eii.uva.es

Manuel Ángel González Delgado

*Departamento de Física Aplicada. Escuela de Ingeniería Informática Universidad de Valladolid*
manuelgd@termo.uva.es

**Palabras clave:** Sensores, *smartphones*, física, experiencias, asignaturas STEM.

**Keywords:** Sensors, smartphones, physics, experiences, STEM education.

**Resumen**

La incorporación de sensores en los dispositivos móviles permite su uso como herramientas experimentales para la realización de prácticas de física tanto en los laboratorios tradicionales como fuera de ellos. Nuestro grupo de innovación docente trabaja en el desarrollo de aplicaciones móviles y en el diseño de experimentos para la docencia de la física. Estas aplicaciones se han usado con alumnos tanto en laboratorios como fuera de ellos. Estos experimentos realizados por los alumnos con sus propios teléfonos les permiten confrontar sus conocimientos con los resultados de sus medidas, aprendiendo física con la observación de su entorno. Nuestros resultados muestran que el uso de los dispositivos móviles incrementa el interés por la física, facilita su comprensión conceptual y aumenta el trabajo autónomo.

**Abstract**

The sensors contained in current mobile devices allow us to use them as experimental tools to do simple teaching physics experiment both in the teaching laboratories and outside them. Our learning innovation group works on the development of mobile applications and on the design of simple experiments to help physics learning. These applications have been used in experiments performed in the teaching laboratories as well as along students' everyday activities. The experiments performed by the students using their own smartphones allow them to confront their knowledge with the results of their own measurements, and, then, help them to learn physics by observing their environment. Our results show that the use of mobile devices increases the students' interest on physics, easies their conceptual understanding and increases their autonomous work.

## Introducción

En un reciente informe[1] de la National Science Board[2], organismo cuyos miembros son nombrados por el presidente de los EE. UU. y que tienen como cometido asesorar en sus políticas a la National Science Foundation[3], además de asesorar como órgano independiente en materia de ciencia, ingeniería y educación al propio presidente y al congreso, se citaba textualmente: «To ensure continued US competitiveness and prosperity, our Nation must foster a strong, STEM-capable workforce». Bajo las siglas STEM[4] (Science, Engineering, Technology and Mathematics) se agrupa todo lo que tiene que ver con el curso de estas disciplinas desde su enseñanza y difusión hasta su aplicación en la industria o la investigación.

A partir de los datos recopilados por el US Bureau of Labor Statistics (BLS), Dennis Vilorio[5] afirma que los empleos relacionados con STEM crecerán en 9 millones entre 2012 y 2020. Por su parte, Jones[6], economista del BLS, asegura que el sector laboral relacionado con STEM ocupa a más de 1 de cada 10 empleos en EE. UU. y que los salarios en este sector son aproximadamente el doble del salario medio en EE. UU.

Por estas razones en EE. UU., entre otros, se ha hecho un esfuerzo considerable, principalmente en esta última década, para potenciar la enseñanza de estas materias. Tanto es así que incluso ha dado lugar a que algunos autores se cuestionen en este momento el mantenimiento continuado de ese apoyo con la misma intensidad[7]. Pese a ello las conclusiones señalan que la política más acertada es continuar en ese camino introduciendo los cambios adecuados fruto de la experiencia adquirida.

En cualquier caso, en Europa, y en particular en España, aún queda mucho trecho por recorrer y el riesgo de no avanzar en esa dirección es muy considerable. En efecto, es evidente que la omnipresencia en la actual sociedad de la tecnología y su creciente y estrecha relación con la economía, en el complejo ecosistema de innovación y competitividad global característica del siglo XXI, ha hecho que una adecuada formación en esas materias se convierta en un factor crítico para mantener una economía próspera y sostenible.

Parece que existe cada vez un mayor consenso en considerar el aprendizaje basado en proyectos (ABP o PBL) como una de las metodologías más adecuadas para la formación en materias STEM[8, 9]. En esta metodología, el aprendizaje práctico, conocido usualmente como *learning by doing* con la terminología inglesa[10], tiene un gran peso y por ello todas las actividades que se realizan, tanto en

---

[1] [en línea], disponible en www.nsf.gov/pubs/2015/nsb201510/nsb201510.pdf -2015 [consultado el 20/5/2016].

[2] [en línea], disponible en www.nsf.gov/nsb/ [consultado el 20/5/2016].

[3] [en línea], disponible en www.nsf.gov/ [consultado el 20/5/2016].

[4] [en línea], disponible en www.stemedcoalition.org [consultado el 20/5/2016].

[5] VILORIO, D. (2014). STEM 101: Intro to tomorrow's jobs. *Occupational Outlook Quarterly*, 58(1), pp. 2-12.

[6] JONES, J. I. (2014). An overview of employment and wages in science, technology, engineering, and math (STEM) groups. *Occupations*, 534(20,370), 300-180 [en línea], disponible en http://www.bls.gov/opub/btn/volume-3/an-overview-of-employment.htm [consultado el 20/5/2016].

[7] XUE, Y., y LARSON, R. C. (2015). STEM Crisis or STEM Surplus: Yes and Yes. Monthly Lab. Rev., 138, 1. [en línea], disponible en http://www.bls.gov/opub/mlr /2015/article/stem-crisis-or-stem-surplus-yes-and-yes.htm [consultado el 20/5/2016].

[8] LABOY-RUSH, D. (2011). Integrated STEM education through project-based learning, [en linea], disponible en http://www.rondout.k12.ny.us/common/pages/Display File.aspx?itemId=16466975 [consultado el 21/5/2016].

[9] CAPRARO, R. M.; CAPRARO, M. M. y MORGAN, J. R. (2013). STEM project-based learning. Rotterdam: SensePublishers. Doi, 10(1007), 978-94, [en línea], disponible en https://www.sensepublishers.com/media/1522-stem-project-based-learning.pdf [consultado el 21/5/2016].

[10] Problem based learning, en Speaking of Teaching vol. 11 (2001). (Standford University) [en línea], disponible en http://web.stanford.edu/dept/CTL/cgi-bin/docs/newsletter/problem_based_learning.pdf [consultado el 21/5/2016].

ambientes formales (laboratorios tradicionales) como en informales (entornos cotidianos de los estudiantes), cobran una gran importancia. En este contexto y siendo la física una disciplina plenamente integrada dentro de la clasificación de STEM, los trabajos prácticos resultan claves para una provechosa asimilación de esta materia. Sin embargo, en muchas ocasiones el coste de los equipos de medida impide disponer del material necesario para la realización de las experiencias necesarias para facilitar el aprendizaje de esta disciplina. Últimamente, sin embargo, el desarrollo de la microelectrónica ha permitido fabricar sensores muy económicos, MEMS (Microelectromechanical Systems)[11], que pueden utilizarse como dispositivos de adquisición de datos físicos fácilmente usables en experiencias docentes. Para ello, una técnica habitual consiste en construir circuitos sencillos con los sensores MEMS controlados mediante dispositivos Arduino, Raspberry o similares, que faciliten su control y el acceso a los datos adquiridos por dichos sensores. Pero aún hay una solución más fácil que permite utilizar los MEMS de un modo sencillo a cualquier usuario incluso sin los conocimientos o el tiempo requerido para construir los circuitos necesarios. Muchos de estos MEMS están incluidos en *smartphone*s y tabletas, así como en los dispositivos de más reciente aparición denominados *wearable*s, como relojes, gafas, brazaletes, etc.[12]. Estos dispositivos cuentan con MEMS como acelerómetros, giróscopos, magnetómetros, micrófonos…, que pueden utilizarse para diseñar diferentes experimentos docentes[13, 14] con un coste muy razonable. Además su amplia difusión entre los estudiantes permite su utilización en cualquier lugar y en cualquier momento con un material que los estudiantes llevan habitualmente en sus bolsillos, en línea con el método conocido como *Bring Your Own Device* – BYOD[15], lo que facilita que se puedan hacer experimentos tanto en los laboratorios como fuera de ellos aprovechando situaciones cotidianas de los alumnos[16], posibilitando así la conexión entre lo expuesto en el aula y lo observado fuera de ella[17, 18], a la vez que se aprovechan las habilidades y competencias implícitas (escondidas) de los estudiantes.

## OBJETIVOS Y DESARROLLO

El proyecto desarrollado se enmarca en el contexto del programa del Bachillerato de Excelencia (BE)[19] que la Junta de Castilla y León ha puesto en marcha. En él los estudiantes de 2.º de Bachillerato deben realizar un trabajo de investigación asociado a alguna de las materias cursadas, propuesto por investi-

[11] MEMS (2016) [en línea] disponible en https://www.mems-exchange.org /MEMS/what-is.html [consultado el 21/5/2016].

[12] Wearables (2016) [en línea] disponible en http://www.wearables.com/ [consultado el 21/5/2016].

[13] COUNTRYMAN, C. L. (2014). Familiarizing Students with the Basics of a Smartphone's Internal Sensors. *The Physics Teacher*, 52(9), pp 557-559.

[14] MONTEIRO, M.; CABEZA, C. y MARTI, A. C. (2014), Rotational energy in a physical pendulum. *The Physics Teacher*, 52(3), pp. 180-18.

[15] JOHNSON, L.; ADAMS BECKER, S.; ESTRADA, V.; FREEMAN, A. (2015). NMC Horizon Report: 2015 Higher Education Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium [en línea] disponible en hhttp://cdn.nmc.org/media/2016-nmc-horizon-report-he-EN.pdf [consultado el 21/5/2016].

[16] PENDRILL, A. M. (2013). Student investigations of the forces in a roller coaster loop. *European Journal of Physics*, 34(6), pp. 1379-1383.

[17] SCHWEINGRUBER, H. A. y FENICHEL, M. (2010). *Surrounded by Science: Learning Science in Informal Environments,* Washington DC, National Academic Press.

[18] GUTSCHANK, J.; RICHTER, J.-L. y ANDRADE, M. (2014). *iStage: smartphones in science teaching* Berlin, Deutschland E.V. [en línea] disponible en http://www.science-on-stage.de/downloadunterrichtsmaterial /iStage_2_Smartphones_in_Science_Teaching.pdf [consultado el 21/5/2016].

[19] [en línea] disponible en http://www.educa.jcyl.es/es/informacion/sistema-educativo /bachillerato/bachillerato-regimen-diurno/bachillerato-investigacion-excelencia/acceso-bachillerato-investigacion-excelencia [consultado el 21/5/2016].

gadores de la universidad. En el caso descrito en este trabajo, el proyecto consistió en la realización de experiencias de física tanto fuera como dentro del laboratorio, empleando como instrumentos de medida los *smartphones* de los alumnos. Se presentan aquí los resultados obtenidos a lo largo de los cursos 2014-15 y 2015-16.

Durante el curso 2014-2015 participaron en este proyecto 5 estudiantes, 4 del IES Andrés Laguna de Segovia y 1 del IES Diego de Praves de Valladolid que se distribuyeron en 3 grupos (de 2, 2 y 1 alumno) para hacer el trabajo de investigación. En el segundo año, 2015-2016, el número de alumnos interesados en realizar trabajos de investigación en física era bastante menor al del año anterior y en este proyecto participaron únicamente 2 estudiantes del IES Andrés Laguna. A lo largo de los dos cursos la organización fue similar, comenzando con un seminario de introducción al uso de *smartphones* y aplicaciones móviles como herramientas de medida. Posteriormente se realizaron dos sesiones de trabajo en el laboratorio bajo supervisión de los profesores. En estas sesiones se utilizaron los *smartphones* como dispositivos de medida reemplazando algunos aparatos clásicos en diferentes experimentos sencillos, como por ejemplo estudio del movimiento de un péndulo simple, análisis del movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado en un carril de aire, estudio de choques en el carril, estudio de la fuerza centrípeta, cálculo de la aceleración de la gravedad por diferentes métodos… La siguiente fase del proyecto, la más interesante sin ninguna duda, consistía en el diseño y realización de experiencias en situaciones cotidianas elegidas por los propios estudiantes. En esta fase se dejó completa libertad a los estudiantes, limitando la actividad de los tutores únicamente a la supervisión de sus avances, resolución de las dudas que se plantearan o de dificultades en la obtención e interpretación de los resultados físicos. Finalmente, los alumnos debían realizar un informe donde describían las actividades realizadas y, posteriormente, presentarlo públicamente.

## RESULTADOS

A continuación, se describen algunas de las experiencias más interesantes diseñadas y llevadas a cabo por los estudiantes. Pensamos que el trabajo realizado por todos ellos es de gran calidad, habida cuenta su edad y formación. Por ello se ha preferido no manipular los datos y se ha seguido lo más fielmente posible los resultados obtenidos por los estudiantes, reflejado en los informes finales que han presentado. La totalidad de las imágenes y gráficas son originales de los estudiantes. Por razones de limitación de espacio no se han podido presentar los textos originales por lo que se resumido lo más importante. Sin embargo, se ha conservado una parte de la descripción de los experimentos. Para diferenciar estas partes del resto se han entrecomillado y se han utilizado las cursivas.

### A) MEDIDA DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE UNOS PATINES DE HIELO, *FIGURA 1*

El objetivo de este experimento era:

«…. realizada en una pista de patinaje en Madrid, y nos sirvió para calcular el coeficiente de rozamiento del hielo. Para llevar a cabo esta experiencia, uno de los compañeros impulsó al otro, que mantenía el teléfono lo más horizontal posible, deslizándolo por uno de los bordes de la pista. Es decir, uno de los integrantes propinó un empujón al que sostenía el teléfono. El que sostenía el móvil se desplazó una distancia hasta que se paró. El objetivo de esta experiencia es determinar el coeficiente de rozamiento del hielo, con los únicos datos de la gráfica, la distancia recorrida desde el empujón hasta que se frenó (se midió con un metro) y el peso del portador del teléfono».




*Figura 1*. Fotografía de la pista de hielo y gráficas obtenidas.

El resultado obtenido fue $\mu \cong 0{,}09$. Lo más relevante en este caso fue que los estudiantes contrastan el resultado con los que aparecen en la bibliografía, tal y como apuntan:

«Este dato es del orden de, pues en la tabla que ofrece Wikipedia [5] con los datos de coeficientes de rozamiento, aparece que el coeficiente de rozamiento del hielo con el acero es de 0,09, el mismo dato que nosotros hemos obtenido».

## B) PLANO INCLINADO, *FIGURA 2*

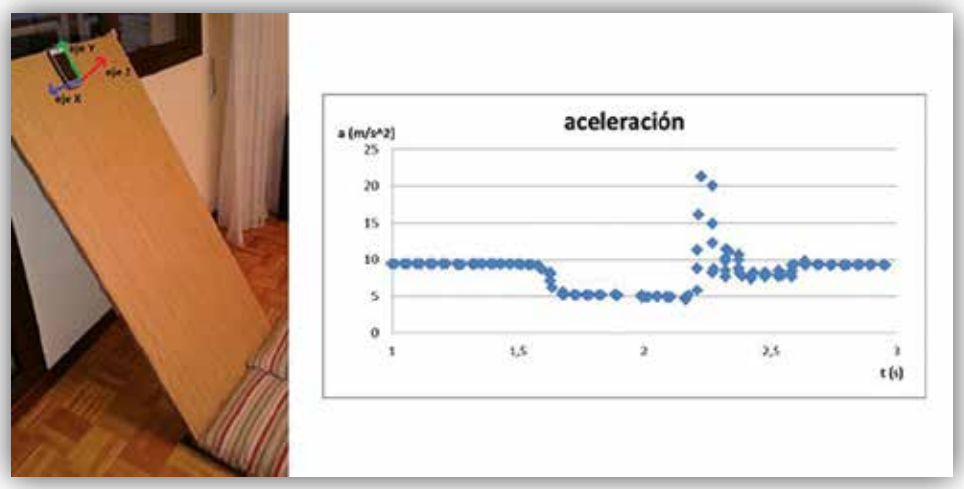



*Figura 2*. Izquierda: fotografía del montaje experimental; derecha: valores experimentales de la aceleración.

El objetivo de esta experiencia era medir el valor del coeficiente de rozamiento entre el objeto (teléfono) y la superficie del plano.

Para ello utilizaron la expresión:

$$\mu = \frac{g \cdot sen\alpha - a}{g \cdot cos\alpha}$$

Midiendo el ángulo y la aceleración con el propio smartphone. La realización de la experiencia es muy sencilla:

«Soltamos el teléfono que se desliza por la rampa hasta llegar al suelo. Una vez finalizado el experimento, paramos la recogida de datos. Para lograr unos datos más fiables, repetimos el procedimiento varias veces y seleccionamos el que haya tenido una trayectoria más recta».

El valor estimado del coeficiente de rozamiento es de 0,87, obtenido promediando los resultados más significativos.

### C) ESTUDIO CINEMÁTICO DEL MOVIMIENTO DEL AVE, *FIGURA 3*

En este caso se trataba de medir las magnitudes cinemáticas de un tren AVE a su salida de la estación:

«Colocamos el móvil en una superficie totalmente horizontal y esperamos a que el AVE arrancara, midiendo la aceleración durante aproximadamente un minuto. Algunos segundos después, tomamos una foto de la velocidad que indicaba la pantalla del AVE, para posteriormente poder corroborar si nuestros datos eran semejantes».

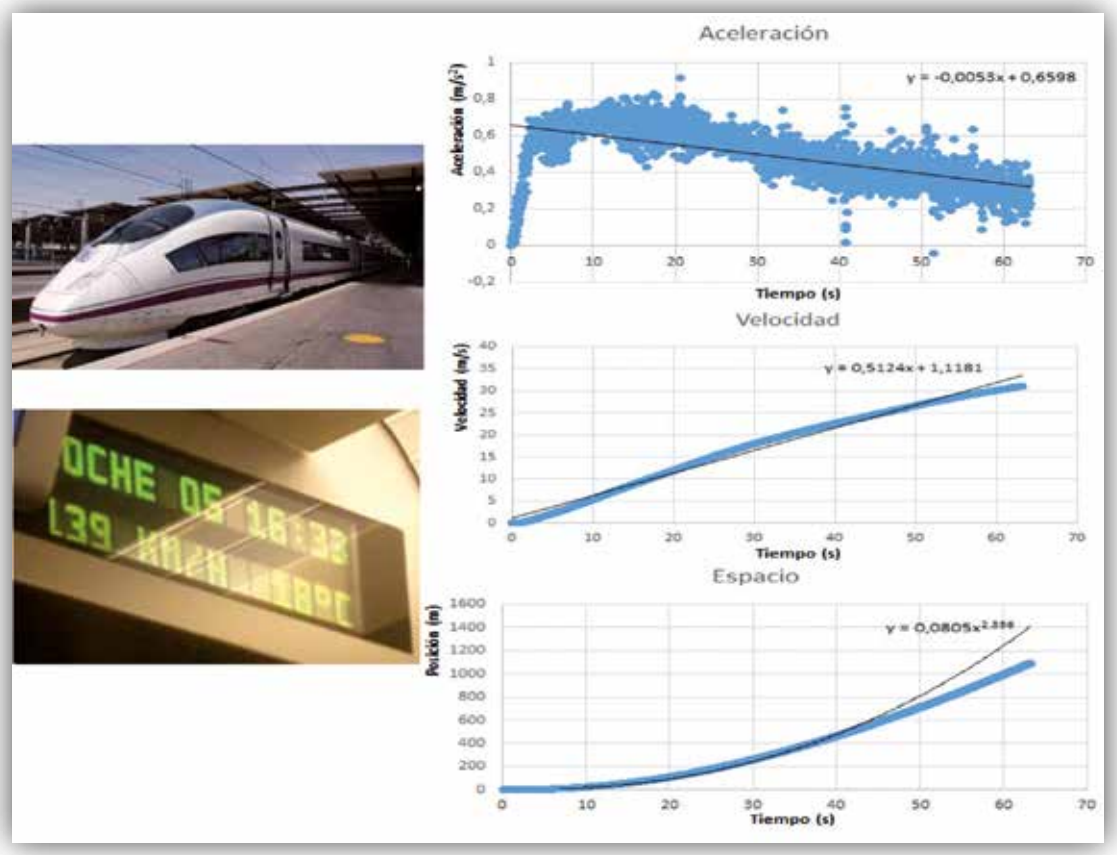



*Figura 3.* Izquierda: imagen del tren AVE donde se realizaron las medidas y del panel interior donde se refleja la velocidad alcanzada por el tren; derecha: aceleración, velocidad y espacio recorrido al salir de la estación Guiomar de Segovia.

Los cálculos los efectuaban usando la hoja de cálculo Excel y los resultados fueron los siguientes:

«Es decir, se recorren 930 metros en 61 segundos, con una aceleración media de 0,5 $m/s^2$ y se alcanza una velocidad final de 109,8 km/h».

Se puede constatar una diferencia de alrededor del 30% entre la velocidad medida y la que refleja la pantalla en la fotografía. Los autores se dieron cuenta de esta discrepancia una vez efectuados los cálculos y la justifican de la siguiente manera: «Esta foto, realizada varios segundos después de la toma de datos, evidencia que los datos obtenidos son del orden de, pues hay que tener en cuenta que entre el valor obtenido (109,8 km) y el de la foto (139 km) han pasado bastantes segundos». Posiblemente la fotografía fue realizada con el mismo *smartphone* empleado para hacer las medidas, lo que encaja con la explicación ofrecida. En todo caso, lo más importante aquí no es la mayor o menor precisión de la medida, sino el hecho de haber realizado un análisis crítico de los resultados proponiendo una posible explicación.

### D) DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO

En esta experiencia se determina la velocidad del sonido en el aire mediante el análisis de las frecuencias de una nota emitida por una boquilla de clarinete conectada a un tubo de plástico. La aplicación utilizada ha sido creada por el profesor Rodrigo Santos, del IES Andrés Laguna, que era el tutor designado por el centro.

«La frecuencia que genera un instrumento depende de muchos factores, pero si tenemos en cuenta una situación más sencilla, en la que sustituimos el cuerpo del instrumento por un tubo sin orificios la frecuencia depende exclusivamente de la longitud del tubo y la velocidad del sonido en el aire […] medimos la frecuencia que resulta con longitudes diferentes de tubos del mismo material y mismas características y calculamos la velocidad».

La velocidad obtenida resulta de 329,47 m/s, inferior a la que aparece en las tablas a la temperatura de la experiencia (343 m/s a 20 °C), de nuevo hacen un análisis crítico para justificar los resultados encontrados:

«… los fallos pueden estar en cualquier parte del procedimiento.

- En primer lugar, puede que la medida de la longitud del tubo no sea totalmente exacta.
- Por otro lado, la forma de colocar la embocadura del intérprete y la presión de este influyen en la frecuencia de la nota.
- Por último, los instrumentos de medida no son muy exactos y tienen un margen de error».

### E) EN EL PARQUE DE ATRACCIONES, *FIGURA 4*

En esta experiencia se trataba de:

«… otra de las experiencias que hicimos fue la de medir las aceleraciones en un movimiento circular uniforme, en un tiovivo de radio 4 metros. El objetivo de esta experiencia era el de calcular la velocidad angular y lineal que llevaba la atracción. Para ello dejamos el móvil en el suelo del tiovivo donde la superficie era totalmente horizontal».

Finalmente, los valores de la aceleración centrípeta, velocidad tangencial y angular fueron 1,1 $m/s^2$, 2,1 m/s y 0,5 rad/s, respectivamente.

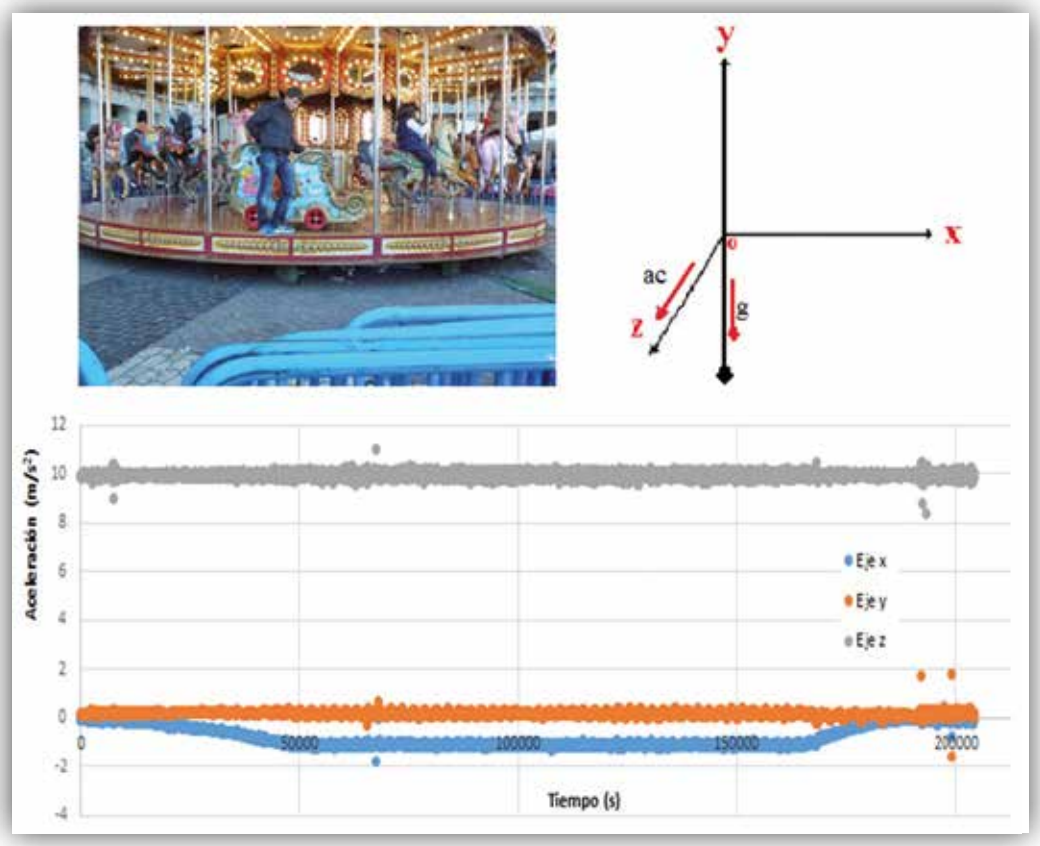



*Figura 4.* Superior izquierda: imagen del tiovivo y toma de datos;
superior derecha: ejes coordenados considerados; inferior: valores de la aceleración.

F) EN UN ASCENSOR, *FIGURA 5*

En esta experiencia se determina la aceleración, velocidad y distancia recorrida en un ascensor que se desplaza entre dos pisos.

El planteamiento de la experiencia es muy sencillo en este caso:

«Colocamos el teléfono en el suelo del ascensor, de manera que esté perfectamente nivelado. Ponemos en marcha la aplicación y se aprieta el botón de bajada del ascensor. Cuando se para el ascensor detenemos la aplicación».

La determinación de la velocidad y el espacio recorrido se realiza mediante la hoja de cálculo Excel, integrándose numéricamente para obtener las áreas comprendidas entre las curvas de la aceleración y de la velocidad y el eje X, respectivamente.

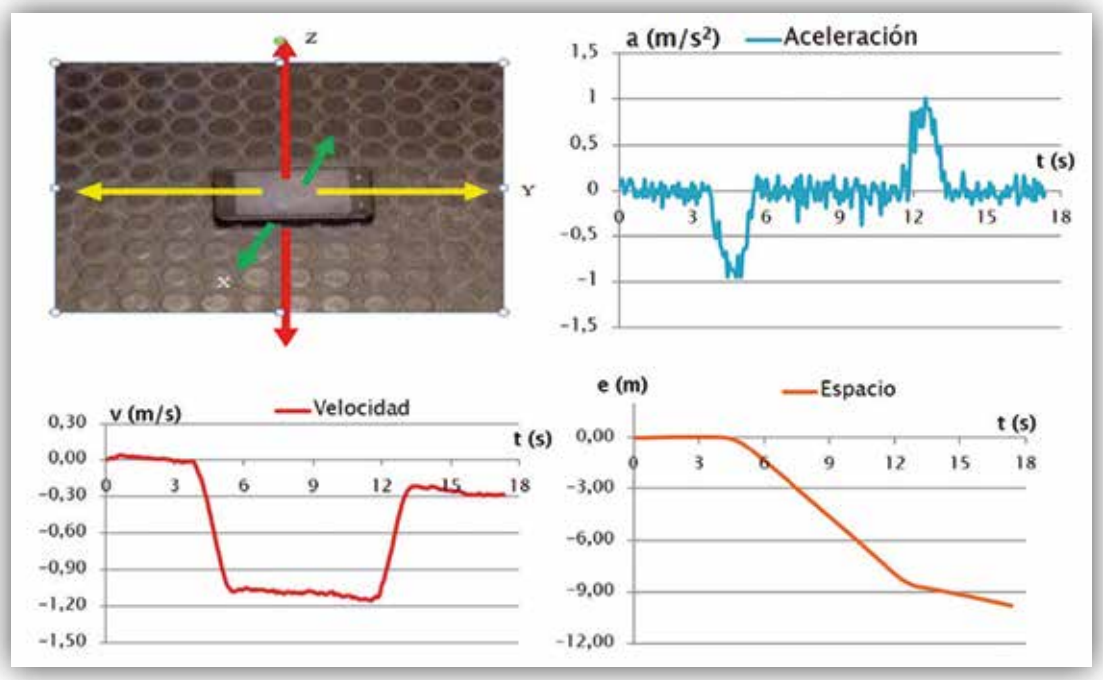



*Figura 5.* Superior derecha: *smartphone* colocado en el suelo del ascensor listo para la toma de datos; gráficas de la aceleración, velocidad y desplazamiento, respectivamente.

## G) ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO Y LA TRAYECTORIA DE UN VEHÍCULO, *FIGURA 6*

El objetivo de la experiencia era medir los radios de curvatura de diferentes curvas de una carretera.

«Para realizar la práctica necesitaremos un dispositivo que tenga un acelerómetro, para obtener el valor de la aceleración normal (an1), y un GPS, con el que, a partir de sus medidas de posición y del tiempo registrado por el dispositivo, obtendremos la velocidad instantánea del cuerpo que se mueve. En este caso usaremos un teléfono móvil, en el que tendremos instalada una aplicación para registrar la información del acelerómetro (hemos usado una aplicación llamada Sensor Mobile, desarrollada por la Universidad de Valladolid y que puedes descargar de forma gratuita en Google Play Store [2])».

El valor del radio calculado es de 148,99 m, mientras que el obtenido a partir del mapa resulta ser de 134,66 m. Para justificar esta diferencia hacen un análisis de errores y de las condiciones en las que han realizado la experiencia, concluyendo que:

«Tras el análisis de todas las curvas y el cálculo de los errores cometidos consideramos que el acuerdo entre los valores obtenidos con el teléfono y medidos a partir de Google Maps es razonable, más si tenemos en cuánta los posibles factores (velocidad del vehículo no constante, vibraciones del vehículo que provocan una gran dispersión en los datos medidos por el acelerómetro, irregularidades de la calzada, tiempo de respuesta del GPS y el hecho de que la trayectoria no sea una circunferencia perfecta) que afectarían a la medida experimental».




*Figura 6.* Superior izquierda: imagen de la carretera desde el vehículo; superior derecha: vista aérea de la curva y radio de la misma obtenida a partir de Google Maps. Las circunferencias de color corresponden a los radios de 134,66 y 148,99 m indicadas en el texto;

inferior: valores obtenidos de la aceleración normal.

## CONCLUSIONES

La valoración y el interés del trabajo realizado resultaron muy positivos constatándose cómo la utilización de estos dispositivos facilita el aprendizaje de la física, estimula el trabajo a la vez autónomo y colaborativo, ayudando a desarrollar la creatividad de los estudiantes. El diseño de experiencias originales y la posterior interpretación de los mismos obligan a integrar diferentes disciplinas, ingeniería, tecnología y matemáticas para llevarlos adelante. Como ya se ha señalado quizás lo más interesante resulte el análisis crítico, siguiendo los procedimientos que marca el método científico, que realizan los estudiantes. Hay que señalar que este análisis ha sido llevado a cabo de manera «espontánea», sin que haya sido impuesto por cualquiera de los tutores, aspecto que lo hace aún más valioso. Bien es verdad que el programa del Bachillerato de Excelencia selecciona los participantes. La observación de los fenómenos cotidianos permite integrar más eficazmente el análisis y la interpretación del pensamiento científico.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Alberto del Pozo y Rodrigo Santos, profesores del IES Diego de Praves (Valladolid) y del IES Andrés de Laguna (Segovia), respectivamente, su colaboración en la tutela y supervisión de los trabajos realizados por los alumnos que participaron en este estudio.

Igualmente, agradecemos a la Universidad de Valladolid el apoyo prestado a los Proyectos de Innovación docente PID2015_128 y PID2015_129, algunos de cuyos resultados se han utilizado en este trabajo.

# Rocas, minerales y matemáticas o cómo aplicar la matemática en el estudio de la Tierra

Pilar López González-Nieto, Rafael Lahoz-Beltrá

*Departamento de Matemática Aplicada (Biomatemática), Facultad de Biología.*
*Universidad Complutense - 28040 Madrid*

**Palabras clave:** Matemáticas y geología, Python, nuevas tecnologías en educación.

**Keywords:** Mathematics and geology, Python, new technologies in education.

**Resumen**

En el presente trabajo se describen los primeros pasos de un proyecto de innovación docente con el objetivo de crear un laboratorio de geomatemática útil para los alumnos del Grado en Geología y el Grado en Ingeniería Geológica. Por medio de *scripts* en lenguaje Python, los estudiantes aprenden a aplicar las Matemáticas y la Estadística a situaciones características en Geología, desarrollando habilidades orientadas a la aplicación de los modelos matemáticos (por ej., test estadísticos) y de la utilización del cálculo simbólico (por ej.; cálculo integral) en experimentos de campo o laboratorio.

**Abstract**

In this paper we describe the first steps of a teaching innovation project with the aim of creating a Geomathematics laboratory useful for students of the Degree in Geology and Geological Engineering. Using scripts in Python language students learn to apply Mathematics and Statistics to situations characteristics in Geology. In addition students learn the application of mathematical models (e.g. statistical tests) and the use of symbolic computation methods (e.g. integral calculus) in field or laboratory experiments.

## Introducción

Desde sus inicios, la Geología es una disciplina que ha experimentado profundos cambios. Entre estos cambios, y debido a la popularización del ordenador y de las TIC, la Geología ha experimentado un paulatino proceso de «matematización», utilizándose cada vez más el lenguaje de las Matemáticas en el estudio de las ciencias de la Tierra. Aunque la Geología ya utilizaba las Matemáticas, por ejemplo, la aplicación de la trigonometría en topografía o de la teoría de probabilidad en la búsqueda de recursos naturales como el petróleo, durante las últimas décadas abundan los ejemplos en los que esta disciplina es aplicada con éxito. Así, por ejemplo, muchos fenómenos geológicos observables en la superficie de la Tierra pueden ser tratados por medio del cálculo integral. Tal es el caso de los efectos de las presiones litostáticas e hisdrostáticas, el plegamiento en formaciones geológicas o la evolución de la erosión en un terreno. En

el ámbito de la Matemática otros ejemplos que ilustran su utilidad son la aplicación del cálculo vectorial en el estudio de distintas propiedades físicas de la corteza terrestre y oceánica; el uso del polinomio de Taylor en el estudio de la temperatura o el uso de las ecuaciones diferenciales en el estudio del decaimiento de un isótopo y su aplicación en técnicas de datación, por ejemplo en paleontología. En otros casos, el geólogo aplica la Estadística en su trabajo de campo o laboratorio. En el ámbito de esta disciplina, la aplicación de métodos estadísticos es de gran utilidad en el estudio de la distribución de los guijarros, el cálculo de la probabilidad de un terremoto o de impacto de un asteroide en nuestro planeta. Se trata tan solo de algunos ejemplos que ilustran el beneficio que supone la aplicación de técnicas matemáticas y estadísticas en Geología.

En este trabajo presentamos una colección de materiales docentes que ponen al alcance de los estudiantes un laboratorio virtual de modelos matemáticos y de simulación. Con la ayuda del ordenador, y desde un planteamiento multidisciplinar, los estudiantes aprenden tanto conceptos de matemáticas, estadística y geoinformática como de ciencias de la Tierra. Esta experiencia docente está orientada tanto a alumnos de Bachiller como del primer curso del Grado e Ingeniería en Geología.

A finales de siglo XVIII la figura de James Hutton (1726-1797) es considerada como el fundador de la Geología moderna, gracias a sus teorías relativas a la edad de la Tierra, el tiempo geológico y el ciclo de las rocas. Hasta entonces, la Geología era una disciplina totalmente cualitativa, es decir, observacional y descriptiva. Entre otras contribuciones, Hutton introdujo en sus teorías la componente esencial del razonamiento científico: la búsqueda de pruebas que avalasen su teoría sobre la historia geológica de la Tierra, y en particular la utilización de fósiles como una de las fuentes de evidencia. Con su trabajo, se sentaron las bases de la necesidad de extraer conclusiones basadas en observaciones cuidadosamente registradas. James Hutton influyó en dos destacados científicos: John Playfair (1748-1819), profesor de Matemáticas que formuló unas descripciones claras de la erosión fluvial y el transporte de bloques erráticos por glaciares antiguos; y el geólogo Charles Lyell (1797-1875), que publicó la obra *Principios de Geología* (*Principles of Geology*) entre 1830 y 1833, una de las obras de Geología más influyentes del siglo XIX.

Mientras que durante el siglo XVIII los avances en Geología son el resultado de los progresos experimentados *dentro* de esta disciplina, por ejemplo, en Mineralogía, Geología Minera, Sismología y Sedimentología; en los siglos XIX y XX, tales avances son explicados desde *fuera* de esta disciplina: los geólogos toman medidas (geomatemática) y calculan frecuencias o probabilidades (geoestadística). De esta manera, la Geología pasa del estudio puramente cualitativo o descriptivo a un estudio que comprende lo cuantitativo, es decir, la cuantificación de los conceptos. El resultado de este proceso es la introducción definitiva del método científico en Geología y con él, las Matemáticas como una herramienta completa para la modelización, y por tanto, el estudio de los fenómenos terrestres.

## OBJETIVOS DE LA PROPUESTA DE INNOVACIÓN DIDÁCTICA

El proyecto se orienta a la resolución del desafío que supone al profesor encontrar estrategias que permitan lograr aquellos objetivos por los que las Matemáticas y la Estadística son esenciales en la formación de los alumnos del Grado en Geología e Ingeniería Geológica. Destacamos los siguientes objetivos principales:

1. Desarrollar la capacidad para resolver en sus distintas etapas problemas matemáticos en Geología. Es decir, el planteamiento, búsqueda de una solución, su desarrollo o formulación y su implementación en un programa de ordenador. La consecución de este objetivo, ya fue estudiado años atrás en un proyecto de innovación educativa realizado[1] con estudiantes del Grado en Biología de la Universidad

[1] LAHOZ-BELTRÁ, R. *et al.* (2011). Adaptación de las Matemáticas para biólogos al plan Bolonia: dificultades y retos. En *Investigación y Didáctica para las Aulas del Siglo XXI*. Actas del I Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza (M. GÓNZALEZ MONTERO DE ESPINOSA y A. BARATAS DÍAZ, eds.). Santillana Educación, pp. 155-164.

Complutense de Madrid. Una de las conclusiones fue la necesidad de fomentar en los estudiantes la capacidad para formular el modelo matemático, programar en ordenador y aplicar modelos analíticos y numéricos de cálculo.

2. Aprender a interpretar los resultados obtenidos con el ordenador, el *output*, en el contexto de la Geología.
3. Introducir en el alumnado el concepto de *Laboratorio de Geomatemática*. Se trata de un conjunto de ordenadores equipados con *software* matemático de cálculo simbólico y análisis estadístico[2] de datos. En el ámbito de la Biomatemática los primeros laboratorios de esta disciplina datan de la década de los años 40, en particular el Mathematical Laboratory de la Universidad de Cambridge (Reino Unido, 1938) y el instalado en el Courant Institute, Universidad de Nueva York (Estados Unidos, 1946). De forma similar, el Laboratorio de Geomatemática sería el equivalente al de Biomatemática, y también uno más de los utilizados en Geología junto con el laboratorio de crecimiento cristalino, sedimentología o el laboratorio de hidrología e hidrogeología.

Adicionalmente, otros objetivos son mejorar la comprensión de las situaciones geológicas, ya sean problemas geofísicos, experimentales, geológicos, etc.; la gestión de los procesos que llevan a encontrar la solución del problema y especialmente resolver las dificultades y carencias del cálculo «a mano» ampliamente extendido entre los estudiantes. Por ello, se elegirán problemas geológicos que tengan en común la realización de cálculos matemáticos durante la resolución del modelo matemático asociado. Dichos cálculos se realizarán tanto «a mano» como mediante el uso de un *software* o lenguaje de programación de modo que el alumno realice una verificación *in situ* de sus resultados.

## Metodología

La metodología docente puede resumirse como se describe a continuación. En primer lugar, el laboratorio comienza con el *planteamiento* a los alumnos de un problema o «caso de estudio» dentro del ámbito de la Geología para cuya resolución se requiere de las Matemáticas. La solución a los casos planteados se abordará según sea la naturaleza del problema planteado: si es un fenómeno determinista utilizando una metodología matemática, por ejemplo el cálculo diferencial e integral, o si se trata de un fenómeno estocástico por medio de una metodología estadística, por ejemplo aplicando técnicas de estadística descriptiva o estadística inferencial. La idea base es la resolución conjunta, esto es tanto «a mano» como vía *software* matemático, del problema en cuestión. Con este criterio logramos un triple objetivo: (a) los alumnos verifican sus resultados, (b) aprenden a manejar un *software* matemático y (c) utilizan dicho *software* para la resolución completa de un problema o de alguna de las etapas del problema cuya resolución a mano es difícil o compleja. En este proyecto proponemos como *software* matemático la utilización de un lenguaje de programación de alto nivel y multipropósito, tal es el caso de Python[3]. En la actualidad es uno de los lenguajes más usados en el desarrollo de *software*, pudiendo ser utilizado en diversas plataformas, por ejemplo Raspberry Pi y *smartphones*, y distintos sistemas operativos (Windows, MacOS y Linux). Es un lenguaje que no tiene un ámbito de aplicación restringido, pudiéndose desarrollar *software* para aplicaciones científicas[4], por ejemplo en Matemáticas y Estadística e incluso en Geología. Python es un lenguaje en código abierto, muy productivo, potente, flexible y con una sintaxis concisa y

[2] Lahoz-Beltrá R. y Gómez Flechoso L, M. (2015). El «Laboratorio de Biomatemática» en la docencia de la Matemática Aplicada a la Biología. En *Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato*. Actas del III Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza (M. Gónzalez Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz, A. Brandi Fernández eds.). Santillana Educación, pp. 411-418.

[3] https://www.phython.org/

[4] Véase el siguiente artículo: Wei-Bing J. (2012). Why Python is the next wave in earth sciences computing. *American Meteorological Society*, pp. 1823-1824.

legible, tratándose de un lenguaje interpretado, por lo que no requiere compilación. Estas características lo hacen idóneo para un alumnado de un Grado en Ciencias, sin conocimientos avanzados de informática. Finalmente, y entre otras ventajas, Python permite una visualización de datos avanzada al estilo de Matlab, el trabajo con matrices y tablas, computación simbólica, cálculos estadísticos avanzados y aplicar algoritmos de *Machine Learning* contando en la actualidad con una gran colección de librerías. A día de hoy disponemos de algunos programas o *scripts* en Python, repartidos en las dos siguientes categorías:

- Programas de matemáticas referidos a aplicaciones de las técnicas matemáticas[5] que son habituales en muchas disciplinas científicas. Por ejemplo, cálculo diferencial e integral, trigonometría, límites, polinomio de Taylor, álgebra lineal, etc. Estos programas están orientados a problemas que puedan ser resueltos por estudiantes con conocimientos elementales de Matemáticas y Geología, ya sean de Bachillerato o Universidad.
- Programas de estadística con aplicación en el análisis de datos, tanto estadística descriptiva univariante como bivariante, y diseño de experimentos, es decir, inferencia estadística. Estos programas están especialmente orientados a estudiantes con conocimientos elementales de Estadística y Geología de universidad. Por sus características, estos programas también pueden ser utilizados por estudiantes avanzados en un trabajo fin de grado e incluso trabajo fin de máster.

En segundo lugar, a los alumnos se les proporcionará un manual básico sobre programación en Python. Además, se enseñarán los fundamentos de los procedimientos computacionales (cálculo científico) tanto de los métodos matemáticos como estadísticos, incluyéndose programas de ejemplo. En particular, nociones sobre cálculo integral, representaciones gráficas, métodos numéricos, cálculo simbólico, análisis de datos estadísticos, etc., sobre los que se sustenta la solución con ordenador de muchos de los problemas planteados. Además, se hará hincapié en la formulación del *modelo matemático* que resuelva el problema, y en las consecuencias de la resolución en relación con la realización de *predicciones* sobre el estado futuro del fenómeno tratado. Este es un aspecto fundamental para los alumnos: la *conexión* entre el modelo matemático, el trabajo experimental, ya sea en campo o laboratorio, y la predicción. Para conseguir este objetivo, es habitual estimar los parámetros del modelo a partir de los datos de campo o de laboratorio. O bien realizar *experimentos de simulación*[6], es decir, predecir el estado futuro del fenómeno al variar sus parámetros y/o condiciones iniciales, analizando, de esta forma, su efecto.

A continuación, expondremos algunos de los casos de estudio, ya disponibles, en este proyecto docente.

## CASOS DE ESTUDIO

Aunque resulte llamativo, incluso hoy en día, hay escasez de obras técnicas[7] sobre matemáticas y estadística aplicadas a la Geología. Es por este motivo que en un futuro próximo se colaborará con profesores de la Facultad de Geología de la Universidad Complutense de Madrid. La idea es lograr su participación en el planteamiento de casos de estudio con suficiente realismo e interés para los estudiantes. A partir de una colección de casos, es decir, de situaciones experimentales y fenómenos geológicos realistas, los estudiantes pondrán en práctica los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Matemáticas y Estadística.

---

[5] MARTÍNEZ-CALVO, C.; FERNÁNDEZ BERMEJO, E.; GONZÁLEZ-MANTEIGA, M. T.; LAHOZ-BELTRÁ, R. y PERALEZ GRAVÁN, C. (2005). *Matemáticas Básicas para Biólogos. CD-ROM. Innovación Educativa* (ISBN 84-7491-786-7). Editorial Complutense.

[6] LAHOZ-BELTRÁ, R. (2013). Jugando a la Evolución con el Ordenador. En *Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato*. Actas del II Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza (M. GÓNZALEZ MONTERO DE ESPINOSA y A. BARATAS DÍAZ, eds.). Santillana Educación, pp. 55-62.

[7] WALTHAM, D. (2000). Mathematics: A simple tool for geologists. WILEY-BLACKWELL y FERGUSON, J. (1988). *Mathematics in Geology*. Springer Netherlands.

El conjunto de *scripts* o programas en Python, junto con otros elementos será organizado con Jupyter Notebook. El resultado es el *Laboratorio de Geomatemática*, ejecutable en un navegador moderno: los *shells* interactivos combinan la ejecución de los *scripts* con documentos electrónicos con texto y fórmulas matemáticas sobre el caso de estudio, así como gráficos, vídeos y otros elementos multimedia. Los vídeos muestran explicaciones con «voz en *off*». Puesto que Python es gratuito los alumnos pueden disponer de todo el material docente y usarlo libremente en su ordenador una vez se haya instalado cualquiera las distribuciones orientadas al ámbito científico, sea cual sea su sistema operativo (por ej., Anaconda, WinPython, etc.). De esta forma acceden a «coste cero» a un *software* cuyas prestaciones son similares a Matlab o con el que pueden hacer análisis estadísticos con una fiabilidad igual o incluso superior a paquetes estadísticos comerciales como, por ejemplo, Statgraphics.

## Caso de estudio 1. Medida del radio de la Tierra

En este ejercicio se propone a los estudiantes calcular el radio de la Tierra mediante el procedimiento utilizado por el matemático, astrónomo y geógrafo griego Eratóstenes (276-194 a. C.), que fue el primero en determinar el tamaño de la Tierra. Según parece en la ciudad de Siena (actualmente Asuán) Eratóstenes observó a mediodía durante el solsticio de verano que objetos tales como un obelisco no producían sombra y en el fondo de los pozos podía verse la luz del sol. Por el contrario, en Alejandría, ciudad situada a unos 800 km de Siena, un obelisco sí tenía sombra. Eratóstenes calculó que un obelisco en Alejandría de 4 m de altura producía una sombra cuyo ángulo era de 7° 12'.

Asumiendo que la superficie terrestre está curvada y que los rayos del sol llegan de forma paralela a la Tierra, y sin entrar en otros detalles de la explicación, Eratóstenes fue capaz de calcular el radio terrestre en aproximadamente unos 6300 km:

$$800 = r_{Tierra} \cdot 7^o\,12' \qquad r_{Tierra} = \frac{800}{7^o\,12'\,\frac{\pi}{180}}$$

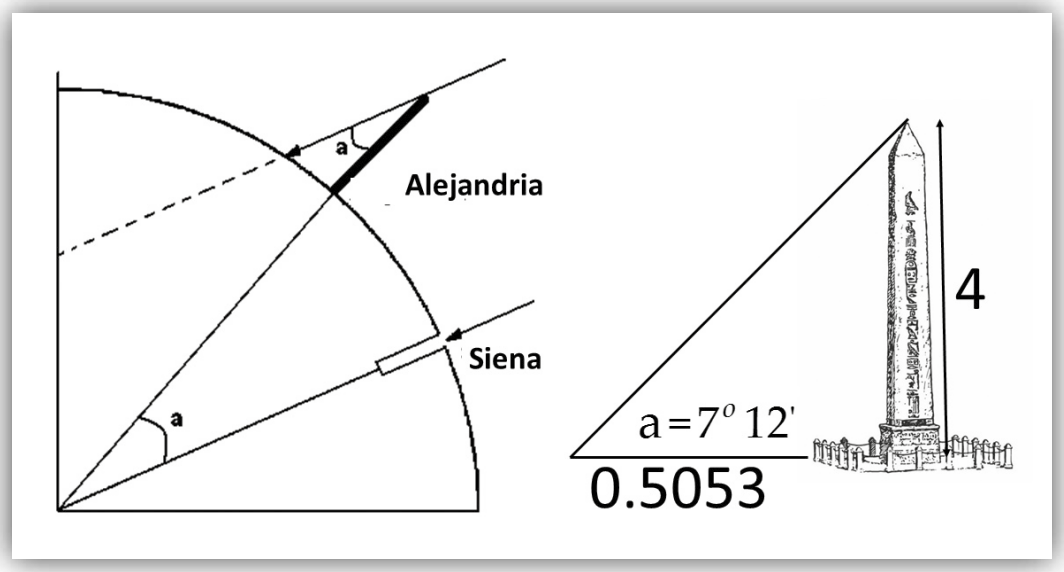



*Figura 1.* Método trigonométrico empleado por Eratóstenes.

Los cálculos realizados por Eratóstenes pueden ser realizados hoy en día con Python haciendo uso de un sencillo *script* ¡2000 años después! tal y como se muestra a continuación:

```
import math
# Datos del obelisco de Alejandria
altura_obelisco=4
distancia_sombra=0.5053
distancia_Siena_Alejandria=800
# Calculos
tg=distancia_sombra/altura_obelisco
beta=math.atan(tg)*(180/math.pi)
# Estimacion radio terrestre
r = distancia_Siena_Alejandria/(beta*(math.pi/180))
print("radio Tierra",r)
```

obteniendo con el ordenador un valor del radio terrestre igual a 6366.4160615958435 km.

### CASO DE ESTUDIO 2. CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL MONTE FUJI (JAPÓN)

El objetivo de ejercicio es realizar una aproximación al volumen del monte Fuji utilizando un modelo matemático. El modelo en cuestión representa la variación de su radio con la altura[8], tal y como se muestra a continuación:

$$r^2(z) = \frac{400}{3}z - \frac{800}{\sqrt{3}}\sqrt{z} + 400 \quad (Km^2)$$

y cuya representación gráfica se muestra en la *figura 2*. La obtención de este modelo matemático para el radio del monte Fuji es el paso clave para poder calcular su volumen, que se obtendrá recurriendo al cálculo integral:

$$V = \int_{y_{\min}}^{y_{\max}} \pi f^2(y)dy$$

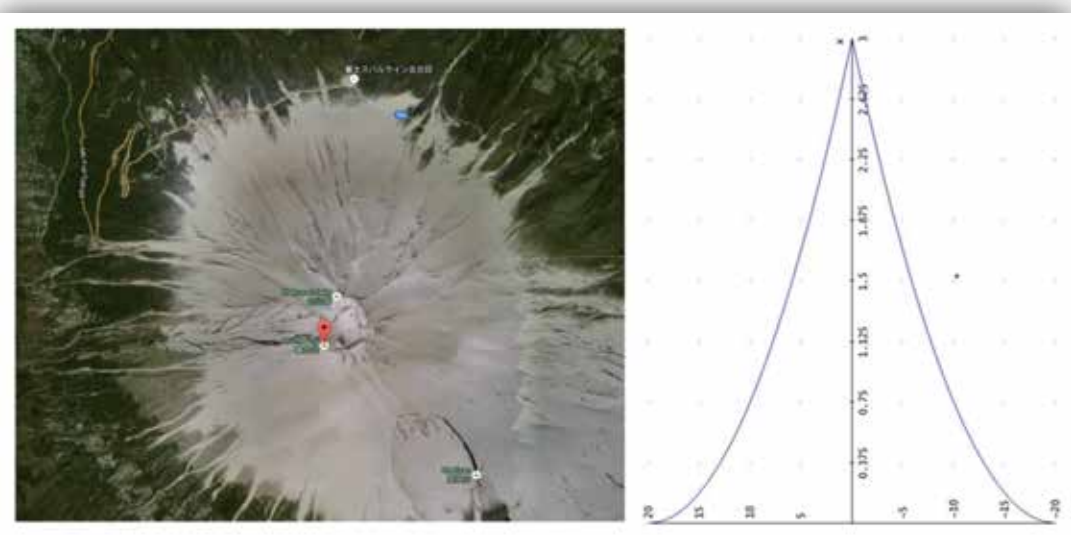


*Figura 2.* Mapa obtenido por Google Maps y modelo del monte Fuji.

[8] WALTHAM, D. (2000). Mathematics: A simple tool for geologists. WILEY-BLACKWELL y FERGUSON, J. (1988). *Mathematics in Geology*. Springer Netherlands.

Si calculamos «a mano» dicha integral:

$$V = \int_0^3 \pi \left[ \frac{400z}{3} - \frac{800\sqrt{z}}{\sqrt{3}} + 400 \right] dz = \pi \left[ \frac{400z^2}{6} - \frac{800z^{3/2}}{1.5\sqrt{3}} + 400z \right]_0^3 = 200\pi \; ; \; 628$$

obtendremos que el volumen del volcán es aproximadamente 628 km$^3$. Resolvamos ahora con Python la integral planteada:

```
from sympy import integrate, Symbol, pi, sqrt
# Definicion de variables simbolicas
z = Symbol('z')
# Modelo matematico
f=pi*((400*z)/3 - (800*sqrt(z))/sqrt(3)+400)
# Calculo de la integral
v=integrate(f,(z,0,3))
print(v.evalf())
```

siendo el volumen calculado igual a 628,3185 km$^3$.

## CASO DE ESTUDIO 3. DEDUCIR SI HA CAMBIADO EL CAUDAL DEL RÍO JAMES (VIRGINIA, EE. UU.)

El objetivo es analizar estadísticamente si el caudal de este río se ha modificado comparando su caudal en dos épocas o estaciones. Los alumnos compararán las medias de dos muestras correspondientes a dos épocas distintas, mediante un contraste de hipótesis sobre el caudal medio del río (en las dos muestras). La prueba utilizada será el test de la *t-Student*. La programación en Python y los resultados se muestran en la *figura 3*, aceptándose que no ha habido diferencias significativas en el caudal entre las dos estaciones estudiadas.

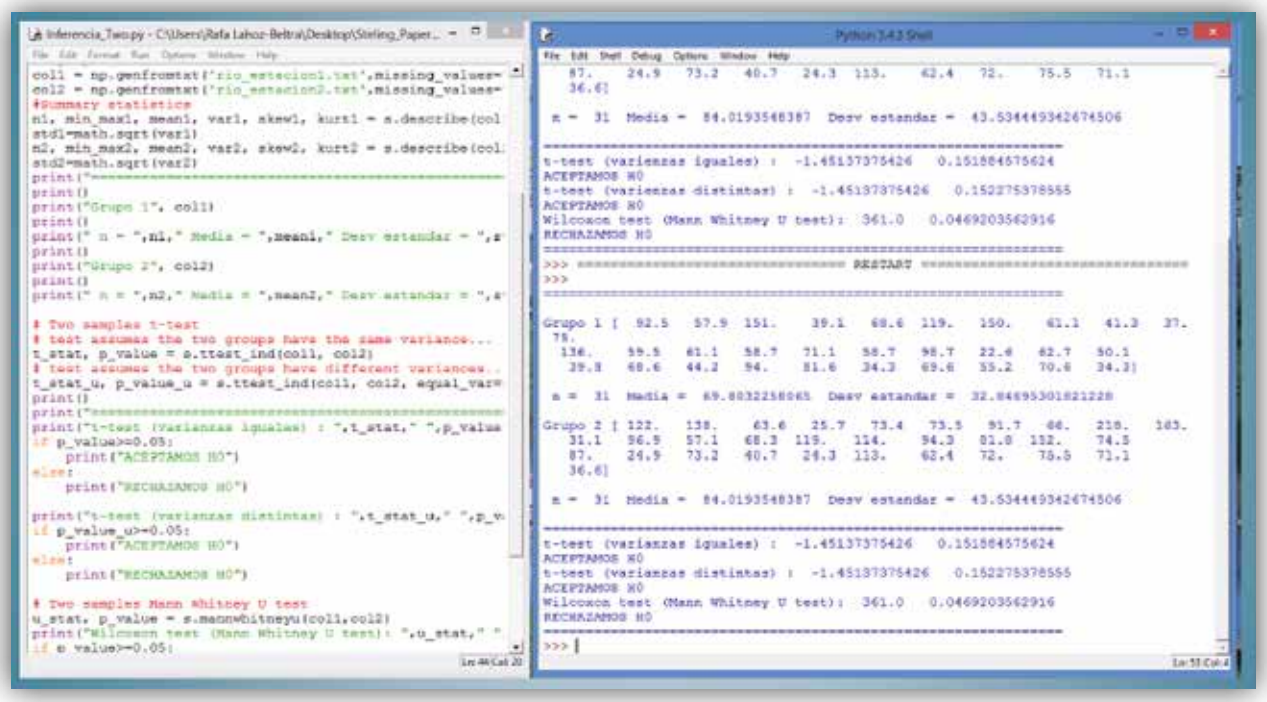


*Figura 3. Script* en Python del contraste de hipótesis sobre el caudal medio del río James (izda.) y resultado del test para la toma de decisiones (dcha.).

## CONCLUSIONES

El proyecto que planteamos representa los primeros pasos de un programa de innovación docente relacionado con la enseñanza de las Matemáticas y Estadística a estudiantes de Geología. La incorporación de las tecnologías de la información a los procesos de enseñanza y aprendizaje no solo representa el medio en el que se desenvuelve el aprendizaje, sino también un estímulo. El objetivo fundamental es el afianzamiento de los conocimientos matemáticos básicos del alumnado y su ampliación mediante la utilización de problemas reales del ámbito de la Geología. La consecución de este objetivo se logrará mediante la utilización del lenguaje Python que, adicionalmente, traerá las ventajas del aprendizaje de un lenguaje de programación que día tras día gana numerosos adeptos en todo el mundo. Realizando en el aula los ejercicios propuestos, los estudiantes de Geología aprenderán el «manejo del ordenador» incorporándolo como una herramienta más del geólogo junto con «la brújula y el martillo».

# Uso de los laboratorios virtuales como TAC para el desarrollo de la competencia científica

Daniel Moreno Mediavilla, Virginia Pascual López, Alicia Palacios Ortega
*Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). Gran Vía Rey Juan Carlos I, 41 - 26002 Logroño (La Rioja)*
daniel.moreno@unir.net

**Palabras clave:** Laboratorio virtual, Tecnologías de Aprendizaje y el Conocimiento (TAC), competencia científica, genética mendeliana, historia de la ciencia.

**Key words:** Virtual lab, Learning and Knowledge Technologies (LKT), science competency, Mendelian genetics, history of science.

**Resumen**

La Genética es una de las áreas de la Biología con mayor presencia en la vida cotidiana, la proximidad de muchos de sus conceptos al entorno social del alumno hacen que este muestre interés y motivación hacia su estudio. Sin embargo, las dificultades de comprensión y aprendizaje que encuentran hacen necesario el uso de tecnologías y las estrategias didácticas adecuadas.

El objetivo principal de este trabajo es mostrar el uso de los laboratorios virtuales como Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) para la adquisición de la competencia científica.

En la propuesta se desarrolla el estudio de la genética mendeliana mediante el uso conjunto de un laboratorio virtual y la utilización de textos históricos. El trabajo se plantea a partir de un problema abierto que será resuelto mediante el trabajo cooperativo y el uso del laboratorio virtual como herramienta TAC. El análisis de textos históricos y el uso de técnicas (estrategias) como el debate complementan el desarrollo del aprendizaje significativo y favorece la adquisición integral de la competencia científica.

La evaluación del trabajo individual, del trabajo cooperativo y la autoevaluación del alumno permitirán conocer el grado de logro de los objetivos planteados.

**Abstract**

Genetics is one of the areas within Biology with greater presence in dailylife, the proximity of many of its concepts to the social environment make student shows interest and motivation to study. Many of its concepts relate to the social environment of the student make that they show interest and motivation to study it. However there are some difficulties of understanding and learning to study, so it is necessary the use of appropriate technologies and teaching strategies.

The main objective of this work is to show the use of virtual labs like a Technology for learning and knowledge (TLK) for the acquisition of Scientific Competence.

The study of Mendelian genetics is developed through the joint use of a virtual lab and use of historical texts in the pedagogical proposal. The work arises from an open problem to be solved by cooperative work and the use of virtual laboratory as a tool (TLK). The analysis of historical texts and the use of techniques (strategies) like a discussion learning development and promote the integral acquisition of scientific competence.

The evaluation of individual work, cooperative work and student self-assessment will allow to know the degree of achievement of the objectives.

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento científico y tecnológico se ha convertido en un elemento esencial para el funcionamiento de la sociedad actual en que vivimos. El proceso de globalización ha generado una transformación que incide en la organización de la sociedad y en la construcción de la vida cotidiana, donde la ciencia y la tecnología tienen un papel clave, ya que se entrelazan para ofrecer opciones de solución a problemáticas comunes de gran importancia para el desarrollo de la sociedad y del mundo empresarial. Es por ello que en la actualidad existen numerosos programas nacionales e internacionales que tratan de fomentar el desarrollo de una población capaz de enfrentar la vida con una actitud científica, es decir, de generar una sociedad científicamente competente.

En este marco, la educación y la enseñanza de las ciencias tienen un papel crucial en la formación integral del alumnado, que lo dote de sentido crítico para comprender, tomar decisiones y ser parte activa de la sociedad, es decir, favoreciendo la adquisición de la competencia científica, entendiendo como tal: «un conjunto integrado de capacidades para utilizar el conocimiento científico a fin de describir, explicar y predecir fenómenos naturales; para comprender los rasgos característicos de la ciencia; para formular e investigar problemas e hipótesis, así como para documentarse, argumentar y tomar decisiones personales y sociales sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana genera en él»[1].

La incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) a la enseñanza ha propiciado el surgimiento de nuevos recursos en el aula de ciencias que permiten desarrollar la actividad experimental y el aprendizaje de contenidos, como son los laboratorios virtuales (LV). Los LV son simuladores interactivos integrados en entornos virtuales de aprendizaje[2], similares a un laboratorio convencional donde los alumnos, mediante el uso de tecnología informática y acceso a Internet, o mediante la instalación del *software* correspondiente, pueden llevar a cabo una amplia gama de tareas propias de las asignaturas de ciencias experimentales de manera autónoma[3].

Entre las ventajas que este tipo de recurso ofrece están el que permite crear un entorno similar a un laboratorio de ciencias donde se elimina cualquier problema relacionado con el equipamiento propio de un laboratorio físico a los que no conviene exponer a los estudiantes[2, 3, 4], a la par que puede mostrar procesos o eventos que tardan mucho tiempo en ocurrir (como, por ejemplo, el crecimiento de plantas o de cultivos). Además, se pueden realizar tantas simulaciones experimentales como sean

---

[1] PEDRINACI, E.; CAAMAÑO, A.; CAÑAL, P. y DE PRO, A. (2012). *11 ideas clave. El Desarrollo de la competencia científica.* Barcelona, Graó 31.

[2] CATALDI, Z.; DOMINIGHINI, C.; CHIARENZA D. y LAGE, F. (2012). TIC en la enseñanza de la Química: Propuesta de Evaluación Laboratorios Virtuales de Química (LVQs). *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación,* 7, pp. 50-59.

[3] VÁZQUEZ, C. (2009). Los Laboratorios Virtuales. *Innovación y experiencias educativas,* 5, pp. 1-11.

[4] MORCILLO, J. G.; GARCÍA GARCÍA, E.; LÓPEZ GARCÍA, M. y MEJÍAS TIRADO, N. E. (2006). Los laboratorios virtuales en la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra: los terremotos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra,* 14(2), pp. 150-156.

necesarias[5], alterando cuantas variables tenga disponible y personalizando de esta forma su propio aprendizaje[6]. A pesar de ello, al ser una aplicación virtual, se corre el riesgo de provocar una pérdida parcial de la visión de la realidad, pues no suele haber errores de medida, las reacciones ocurren al cien por cien, no se producen efectos secundarios, etc.[6]

Por otro lado, se debe tener en cuenta que los laboratorios virtuales no dejan de ser una TIC que es necesario implementar adecuadamente en el aula, transformándola en Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC). Además, es necesario complementar el uso del LV con otros recursos educativos para conseguir trabajar de forma completa la competencia científica, ya que esta implica no solo destrezas relacionadas con los contenidos y su aplicación en contextos, sino también con la actitud del alumnado hacia las pruebas y el conocimiento científico[7].

Para trabajar las competencias y actitudes del alumnado hacia las ciencias resulta de gran utilidad la utilización de la historia de la ciencia. Enseñar ciencia desde una perspectiva histórica permite al alumnado desarrollar su pensamiento crítico, apreciar el carácter incompleto, y los errores de los modelos y teorías, así como comprender la complejidad de la evolución de la ciencia sujeta a cambios socioeconómicos, lo que conlleva generar alumnos más competentes desde la perspectiva científica[8].

Este trabajo se centra en la enseñanza de las Leyes de Mendel dada la dificultad que entraña la interpretación de las mismas y su aplicación para el alumnado de 4.º ESO, curso en el que, según el R. D. 1631/2006, se aborda el mendelismo y la resolución de problemas sencillos relacionados con las leyes de Mendel[9]. A pesar de que estos temas suelen ser motivantes para el alumnado, son numerosas las investigaciones que demuestran que la genética es una de las áreas de la biología donde los estudiantes presentan mayores problemas de comprensión. Entre las principales dificultades que se pueden encontrar estarían: las ideas previas erróneas del alumno que están fuertemente arraigadas, como que no todos los seres vivos tienen genes; confusión de conceptos como la no relación entre genes, cromosomas y ADN, o la no identificación de la estructura y función de los cromosomas; deficiente conocimiento de la reproducción de las plantas, además de las dificultades del tratamiento estadístico[10, 11]. Ante estas dificultades, la actividad experimental se plantea como un elemento fundamental para la didáctica de la genética. El problema que presenta el estudio de la genética mendeliana en el laboratorio escolar es que requiere objetos de estudio que crecen lentamente, o que necesitan plazos muy estrictos para determinados procedimientos de laboratorio[12].

---

[5] Martínez, P. (2010). Química de Bachillerato y Laboratorios virtuales. *II Jornadas sobre la enseñanza de las ciencias y las ingenierías.*

[6] Rosado, L. (2005-2007). Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la física. *Recent Research Developments in Learning Technologies, International Conference on Multimedia and ICT in Education.*

[7] organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2006). *PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. Madrid, Santillana-MEC.

[8] Gooday, G.; Lynch, J. M.; Wilson, K. G. y Barsky, C. K. (2008). Does Science Education Need the History of Science? *Isis,* 99, pp. 322-330.

[9] Ministerio de Educación y Ciencia (MEC). (2007). *Real Decreto 1631/2006 Enseñanzas Mínimas Educación Secundaria Obligatoria*. Boletín Oficial del Estado, 5-1, pp. 677-773

[10] Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las ciencias,* 26(2), pp. 227-244.

[11] Íñiguez, F. J. y Puigcerver, M. (2013). Una propuesta para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 10* (3), pp. 307-327.

[12] Cresiski, R. H. (2013). Two Virtual Labs to Study Genetic Inheritance in the Fruit Fly. *Journal of Microbiology & Biology Education 14*(1), pp. 141-142.

En este marco, los laboratorios virtuales utilizados como TAC en combinación con el enfoque de historia de la ciencia se muestran como una posible solución para la comprensión de las Leyes de Mendel y el desarrollo global de la competencia científica.

## PROPUESTA PEDAGÓGICA

Se escogió el laboratorio virtual *Drosophila*[13] porque, tras hacerse una evaluación heurística de ocho laboratorios virtuales relacionados con la aplicación de las Leyes de Mendel en enseñanza secundaria, se obtuvo que en conjunto era el laboratorio que mejores resultados obtenía tras el análisis técnico, funcional y pedagógico del mismo[14].

Este laboratorio ha sido creado por *The Virtual Courseware Project (sciencecourseware.org)*, proyecto desarrollado gracias a una beca concedida por la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos y la Universidad Estatal de California.

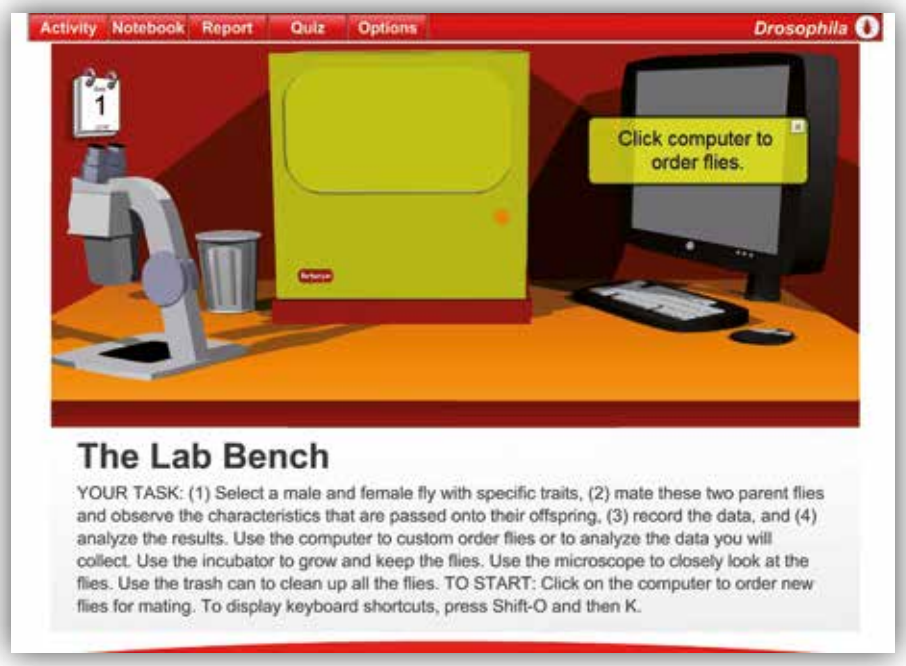



*Figura 1.* Laboratorio virtual *Drosophila*.

Este laboratorio virtual permite simular perfectamente en qué consiste el trabajo del investigador en el laboratorio, desde el proceso de selección y compra de las moscas que se van a utilizar en el experimento, el periodo de incubación, el preparado de las muestras para su recuento, y permite observar en el microscopio los resultados antes de hacer el recuento numérico de los cruces.

De la respuesta obtenida tras el experimento se extraen tanto los resultados numéricos del recuento como las características de la generación y permite hacer nuevas adquisiciones de muestras con las características de esa generación para continuar con los cruces para la obtención de segundas y terceras generaciones.

---

[13] http://www.sciencecourseware.org/ vcise/drosophila/

[14] PALACIOS, A.; MORENO, D. y PASCUAL, V. (en prensa). Evaluación de laboratorios virtuales de genética mendeliana para enseñanza secundaria. En MEMBIELA, P.; CASADO, N. y CEBREIROS, M. I. (editores). *La práctica docente en la enseñanza de las ciencias*. Ourense: Educación Editora.

El *software* permite también la creación de informes por parte del alumno en los que puede describir todo el proceso llevado a cabo durante su investigación y que posteriormente puede hacer llegar al profesor; estos informes formarán parte de la evaluación del alumno como se verá posteriormente.

La propuesta planteada se centra en la utilización de dicho laboratorio virtual para desarrollar una actividad que implique la participación activa del alumno y el desarrollo completo de su competencia científica completando todo el proceso con una serie de lecturas que contextualicen los conceptos trabajados en el laboratorio virtual. En este sentido la propuesta planteada se desarrolla mediante una metodología basada en el ABP (aprendizaje basado en problemas), de este modo se parte de un problema que debe ser resuelto a partir de la utilización del laboratorio virtual.

## 1. Definición del problema

El problema se plantea a través de una noticia ficticia extraída de la página web de la Organización Mundial de la Salud, en la que se describen los primeros avances encontrados para la solución de una pandemia emergente generada por un mosquito.

La noticia indica que un tipo de moscas con un fenotipo determinado pueden interactuar competitivamente por el alimento con ese mosquito, consiguiendo un descenso de su población.




*Figura 2.* Página ficticia de la OMS que se proporciona a los alumnos para motivarles en la resolución del problema.

En la *Figura 2* se muestra la noticia de partida de la propuesta, de este modo, utilizando un formato atractivo visualmente para el alumno, se logra una aproximación mucho más directa a la atención del mismo.

El enunciado completo del problema es el siguiente:

«La pérdida de visión por el virus Z. cigus […] ya han sido 50000 personas en todo el mundo infectados por el virus Z. cigus, causándoles la pérdida total o parcial de visión. Estos datos tan alarmantes se prevé que vayan exponencialmente en aumento, pues es a través de la picadura de un mosquito común como se transmite. Ante esto, todos los científicos del mundo se han puesto a estudiar tanto el virus como el agente que lo propaga, el mosquito. Gracias a eso, un laboratorio independiente de Australia ha arrojado noticias esperanzadoras sobre el control de la población de mosquito infectada. Han visto que la mosca Drosophila, cuando presenta un fenotipo con ojos marrones, puede desplazar a la población del mosquito porque ambos compiten por la misma fuente de comida. El problema es que el fenotipo de

ojos marrones no es muy común entre la Drosophila, así que los investigadores deben estudiar cómo propiciar un aumento de este fenotipo para poder controlar la transmisión de la enfermedad…».

Debido a que partir únicamente del contenido de la noticia para desarrollar la actividad, puede ser algo complejo para los alumnos, se plantea la inclusión de algunas indicaciones adicionales buscando guiar su investigación del mismo modo, se plantean unas preguntas a las que deben dar respuesta y que servirán como parte de la evaluación de su trabajo:

*Imaginad que trabajáis en el laboratorio del centro de control de enfermedades infecciosas Carlos III de Madrid y leéis la noticia de última hora publicada en la página web de la OMS.*

*Además, desde el Gobierno se os pide que ayudéis a que el país se prepare para hacer frente a la pandemia. Sin embargo,* ***no os dan una mayor partida de dinero*** *para hacer frente a tal encargo, por lo que tenéis que trabajar con el presupuesto que se aprobó en el laboratorio antes de conocer la noticia. Por tanto, solo tenéis* ***Drosophila hembra*** *que fenotípicamente presenta los ojos marrones (y genotípicamente homocigótica)* ***y macho*** *que presenta ojos rojos y cuyo genotipo es también homocigótico.*

*Teniendo en cuenta todos estos datos:*

- *¿Por dónde empezarais a trabajar?*
- *¿Cuáles serían los pasos a seguir?*
- *Desarrollad dichos pasos a través del laboratorio virtual.*
- *¿Cuáles son los resultados que obtenéis?*
- *¿Qué tipo de cruces necesitarais para obtener el mayor número de moscas con ojos marrones? ¿Siguen las Leyes de Mendel?*
- *¿El carácter «ojos marrones» es recesivo o dominante?*

## 2. TRABAJO CON TEXTOS HISTÓRICOS

Como ya se ha indicado y como complemento a la actividad con el laboratorio virtual, se han seleccionado una serie de textos históricos científicos, que están relacionados con los principales científicos que desarrollaron la teoría genética y sus leyes, como son Mendel y Morgan. Estos textos sirven como base de un debate en el que se discuten las preguntas planteadas como complemento a la lectura.

- Gregor Mendel: la historia de los genes. En esta página se hace una reseña histórica sobre Mendel, además incluye vídeos y anécdotas referentes al autor y sus descubrimientos. Se puede visualizar a través del enlace *http://www.educ.ar/sitios/educar/recursos/ver?id=111416*.
- Seres modélicos: entre la naturaleza y el laboratorio. En este documento se habla de la importancia de la mosca de la fruta en la investigación. Se puede obtener en la siguiente dirección: *http://www.seresmodelicos.csic.es/mosca.html*.
- Los humanos y la mosca de la fruta. Algunos nuevos experimentos realizados con la mosca de la fruta, su importancia y su uso en el espacio. Se puede visualizar en *http://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2004/03feb_fruitfly/*.

Las preguntas que se plantean son las siguientes:

- *¿Quién llegó a estas conclusiones en el pasado?*
- *¿En qué momento de la historia?*
- *¿Cómo lo hicieron? ¿Por qué guisantes, por qué moscas?*
- *¿Qué errores se cometieron en sus investigaciones?*
- *¿Fue un importante avance para la sociedad y la ciencia?*

a)




b)




c)




*Figura 3.* Recursos web donde se encuentran los textos seleccionados; a) Gregor Mendel: la historia de los genes, b) Seres modélicos: entre la naturaleza y el laboratorio, c) Los humanos y la mosca de la fruta.

## 3. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

La metodología de trabajo propuesta se basa en el desarrollo del método científico por parte de los alumnos, a través de un trabajo cooperativo y aprendizaje basado en problemas (ABP).

En primer lugar se distribuye a los alumnos por grupos, de 5 o 6 miembros como máximo, asignando diferentes funciones a cada uno de ellos.

Aunque todos deban trabajar en conjunto para resolver el problema planteado, inicialmente cada uno de ellos a través de una primera investigación y análisis tendrá que plantear una hipótesis de partida para buscar la solución al problema, discutirla con sus compañeros y unificar criterios a la hora de seguir con el desarrollo de la actividad.

Una vez planteada la hipótesis y el plan de trabajo comenzarán a interactuar con el laboratorio virtual siguiendo estos pasos:

1. Hacer la compra de los padres.
2. Hacer los cruces de la 1.ª ley de Mendel.
3. Analizar los resultados obtenidos de la 1.ª generación.
4. Estudiar los posibles cruces para obtener la mosca con el fenotipo adecuado.
5. Seleccionar los progenitores para la segunda generación.
6. Efectuar los cruces en el laboratorio virtual.
7. Analizar los resultados.
8. Evaluar si hemos dado respuesta al problema.
9. Elaborar una memoria de trabajo.

Una vez resuelto el problema, se pasa a trabajar con los textos científicos mencionados anteriormente.

Manteniendo los mismos grupos de trabajo se comienza con una lectura individual de los diferentes textos y cada alumno deberá contestar individualmente a las preguntas que se plantean.

El siguiente paso es poner en común esas respuestas con los miembros del grupo y unificar los criterios.

En tercer lugar se selecciona un portavoz del grupo que será el que defienda las respuestas consensuadas frente al resto de portavoces de los otros grupos.

Finalmente se establece un debate entre los portavoces de los grupos, moderado por el profesor, quien irá planteando de nuevo las preguntas iniciales y completando con alguna otra, que implique que los alumnos transfieran los conocimientos adquiridos hasta el momento con toda la actividad.

## 4. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD

Se plantea una evaluación integral del proceso a través de los siguientes puntos:

*I. Evaluación del trabajo individual LV por parte del profesor*

a) Envío mediante correo electrónico de un informe generado por LV:

| Contenidos | |
|---|---|
| Introducción | Materiales y métodos |
| Hipótesis | Resultados y discusión |
| Diseño experimental | Conclusiones |

*Tabla 1.* Contenidos a evaluar en el informe individual.

*II. Evaluación del trabajo en grupo por parte del profesor*

a) Evaluación del trabajo cooperativo.

| | Muy Bueno | Bueno | Suficiente | Insuficiente |
|---|---|---|---|---|
| **Implicación en el trabajo de grupo** | Siempre controla la eficacia del grupo y hace sugerencias para mejorar | Siempre trabaja para que sea más efectivo | Ocasionalmente controla la eficacia del grupo y hace sugerencias para mejorar | Nunca controla la eficacia del grupo ni trabaja para mejorar |
| **Calidad del trabajo** | Aporta trabajo de alta calidad | Aporta trabajo de calidad | Aporta trabajo que, en ocasiones, debe ser revisado por los miembros del grupo para ser mejorado | Aporta trabajo que, siempre, debe ser revisado por los miembros del grupo para ser mejorado |
| **Contribución** | Proporciona siempre ideas útiles. Es un líder en el grupo | Proporciona siempre ideas útiles. Es un miembro importante del grupo | En ocasiones proporciona ideas útiles. Hace lo que se le pide | Pocas veces proporciona ideas útiles. Puede rehusar participar |
| **Manejo del Tiempo** | Utiliza bien el tiempo y se ajusta a las planificaciones | Utiliza bien el tiempo pero puede haberse retrasado en ocasiones | Se retrasa en las acciones pero tiene las cosas hechas a la fecha límite | Pocas veces tiene las cosas hechas para la fecha límite |
| **Resolución del problema** | Busca y sugiere soluciones al problema | Perfila las soluciones propuestas por otros | No sugiere ni perfila soluciones pero trabaja sobre las propuestas por otros | No trata de resolver el problema. Deja a otros plantear esa solución |
| **Esfuerzo** | El trabajo refleja el máximo esfuerzo del alumno | El trabajo refleja el esfuerzo del alumno | El trabajo refleja algo del esfuerzo del alumno | El trabajo refleja muy poco esfuerzo por parte del alumno |

*Tabla 2.* Rúbrica de evaluación de trabajo en grupo.

b) Resolución de preguntas de la guía de resolución del problema.

| Preguntas sobre el procedimiento |
|---|
| ¿Por dónde empezarías a trabajar? |
| ¿Cuáles serían los pasos a seguir? |
| Desarrolla dichos pasos a través del laboratorio virtual |
| ¿Cuáles son los resultados que obtienes? |
| ¿Qué tipo de cruces necesitarías para obtener el mayor número de moscas con ojos marrones? ¿Sigue las Leyes de Mendel? |
| ¿El carácter «ojos marrones» es recesivo o dominante? |

*Tabla 3.* Preguntas planteadas en la guía de resolución.

c) Evaluación de la discusión de textos históricos por parte del profesor.

| | Muy bueno | Bueno | Suficiente | Insuficiente |
|---|---|---|---|---|
| **Actitud firme ante su postura** | Firme durante todo el debate | Firme casi todo el debate | Firme menos de la mitad del debate | Sin firmeza durante el debate |
| **Escuchar y respetar a los compañeros** | Escuchó atentamente y analizó sus argumentos | Escuchó y analizó sus argumentos | Escuchó pero se distrajo y no analizó sus argumentos | No mostró respeto a los compañeros |
| **Vocabulario** | Fluidez y coherencia en las ideas planteadas en todo el debate | Fluidez y coherencia en las ideas planteadas en casi todo el debate | Fluidez y coherencia en las ideas planteadas en menos de la mitad del debate | Nunca mostró fluidez ni coherencia en las ideas planteadas |
| **Conocimiento y dominio del tema** | Conocimiento profundo y dominio total del tema | Conocimiento y dominio del tema | Conocimiento y dominio del tema regular | Ni conocimiento ni dominio del tema |
| **Conclusiones** | Las conclusiones superan los argumentos | Las conclusiones a la par de los argumentos | Las conclusiones por debajo de los argumentos | No hubo conclusiones |

*Tabla 4.* Rúbrica para evaluación del debate.

d) Resolución de las preguntas planteadas.

| Preguntas planteadas en el análisis de textos |
|---|
| ¿Quién llegó a estas conclusiones en el pasado? |
| ¿En qué momento de la historia? |
| ¿Cómo lo hicieron? ¿Por qué guisantes, por qué moscas? |
| ¿Qué errores se cometieron en sus investigaciones? |
| ¿Fue un importante avance para la sociedad y la ciencia? |

*Tabla 5.* Preguntas planteadas para los textos.

*III. Informe para el portafolio de los alumnos*

Los apartados que debe contener el portafolio del alumno serán los siguientes:

1. Síntesis del trabajo realizado a lo largo de la actividad que contenga 150 palabras.
2. Qué han aprendido con el desarrollo de la misma.
3. Autoevaluación sobre su papel en la resolución de la actividad (*tabla 6*).

| | Nunca | A veces | Siempre |
|---|---|---|---|
| He participado activamente en el trabajo planteado | | | |
| He respetado las opiniones de los demás | | | |
| He ayudado a mis compañeros | | | |
| He cumplido con el trabajo asignado en el grupo | | | |
| He aportado soluciones al problema planteado | | | |

*Tabla 6.* Cuestionario de autoevaluación.

## Conclusiones

El desarrollo en el aula de esta propuesta pedagógica permitirá a los alumnos trabajar desde la perspectiva del método científico de una forma atractiva. Asimismo, facilita la asociación de los conceptos de genética con los problemas de la sociedad actual, haciendo que los alumnos asuman el papel de científico, y entiendan la importancia de su trabajo a lo largo de la historia. De este modo se consigue desarrollar el pensamiento crítico, alcanzar el aprendizaje significativo y la adquisición plena de la competencia científica.

# Aprender análisis de componentes principales (PCA) utilizando los datos de calidad del aire de Madrid

Luis Vicente Pérez Arribas, María Eugenia de León González,
Noelia Rosales Conrado

*Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias Químicas.*
*Universidad Complutense de Madrid, Avda. Complutense, s/n - 28040 Madrid*
lvperez@ucm.es

**Palabras clave:** Química ambiental, TIC, aprendizaje, estadística, tratamiento de datos.

**Keywords:** Environmental Chemistry, TIC, learning, statistics, data treatment.

**Resumen**

A menudo en la enseñanza de algunas subdisciplinas relacionadas con la química, como el análisis ambiental o el análisis estadístico, se requiere disponer de datos reales con los que desarrollar y estudiar casos concretos o utilizarlos como material de apoyo. En este sentido, y como consecuencia de la legislación europea, en Internet están disponibles gran cantidad de datos relacionados con la calidad del aire de las grandes ciudades. En esta comunicación se muestra un ejemplo de cómo utilizar estos datos como ayuda para mostrar el funcionamiento e interpretación del Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés).

**Abstract**

Often, in teaching of some sub-disciplines related to chemistry, such as environmental analysis or statistical analysis, is necessary to dispose of data to study specific cases or for using as support material. In this sense, as a result of the European legislation, large amount of data related to air quality in large cities are available in Internet. An example regarding to how to use these data in relationship to the performance and interpretation of Principal Component Analysis (PCA) is shown in this communication.

## Introducción

La legislación europea establece la obligatoriedad que tienen los Estados miembros de disponer de redes de control de la contaminación atmosférica y de informar a la población del estado de la calidad del aire, especialmente en grandes ciudades y aglomeraciones urbanas. Además, obliga a que esta información sea facilitada de forma gratuita por cualquier medio de comunicación de fácil acceso, incluido Internet u otro medio adecuado de telecomunicación[1]. Por otro lado, la legislación española que desarrolla y adapta la

[1] Parlamento Europeo y Consejo (2008). Directiva 2008/50/EC de 21 de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 11.6.2008, L 152.

legislación europea a nivel nacional, establece que son las comunidades autónomas y los ayuntamientos los responsables de evaluar la calidad del aire e informar a la población en la forma y modo que establece la Directiva Europea[2]. En consecuencia, en España disponemos de numerosos datos relativos a la calidad del aire pues, en general, los municipios de más de 100 000 habitantes suelen disponer de estaciones de medición de la contaminación. En el caso de la Comunidad de Madrid se dispone de dos redes de control de la contaminación; una bajo responsabilidad directa del Ayuntamiento de Madrid, formada por 24 estaciones automáticas fijas y otra, cuya gestión es competencia de la Comunidad Autónoma y que está compuesta por otras 23 estaciones repartidas por toda la geografía regional, tanto en zonas urbanas como rurales. De acuerdo con la legislación, la información sobre las medidas y niveles de contaminación es fácilmente accesible a través de Internet[3] [4], donde, además de información sobre los niveles de contaminación del día, se puede descargar información sobre las medidas realizadas en otras fechas. Además ofrecen información adicional sobre normativa, informes anuales de calidad del aire, descripción de los contaminantes y otros materiales que pueden ser utilizados con fines docentes, tanto en bachillerato como en enseñanza superior. En este sentido, en la Facultad de CC. Químicas de la UCM utilizamos información accesible en estas y otras páginas similares, en diferentes actividades de las asignaturas que tienen relación con la química y el análisis ambiental y como fuente de datos para otros estudios que requieren el empleo de procedimientos matemáticos y estadísticos en química (Quimiometría) siendo uno de estos procedimientos matemáticos el Análisis de Componentes Principales (PCA).

## Análisis de Componentes Principales (PCA)

El Análisis de Componentes Principales (PCA por sus siglas en inglés) es un procedimiento matemático de tratamientos de datos muy utilizado en disciplinas relacionadas con las ciencias experimentales, sanitarias y sociales, especialmente indicado para aquellos casos en que se desea tratar un volumen grande de datos, permitiendo encontrar relaciones entre ellos de forma sencilla, visual y sintética. Adicionalmente, el PCA también permite construir modelos predictivos con dichos datos. Para entender mejor cómo actúa el PCA, sobre todo por aquellos lectores que no están muy familiarizados con este procedimiento matemático, vamos a considerar un sencillo ejemplo en el que se van a tratar los datos analíticos de calcio y fosfato en sangre obtenidos de nueve individuos (*tabla I*). Si dichos datos analíticos se llevan a un gráfico en el que una de las sustancias analizadas (p. e., fosfato) se representa frente a la otra ($Ca^{2+}$) se obtiene una gráfica como la de la *figura 1* en la que se aprecia fácilmente que los nueve pares de datos forman dos grupos bien definidos; uno en el lado izquierdo, formado por los datos del análisis de sangre de seis individuos y otro en el lado derecho inferior, formado por los datos analíticos correspondientes a otros tres individuos. La pregunta es ¿por qué estos datos se agrupan de esta manera? La respuesta radica en el hecho de que entre los datos dentro de cada grupo existen ciertas similitudes que a su vez lo hacen diferente del otro grupo. En este sencillo ejemplo, la causa de la similitud y de la diferencia entre ambos grupos estriba en que los análisis de sangre del grupo de seis se hicieron a individuos sanos, mientras que los otros tres eran individuos con problemas de insuficiencia renal. Además de esta relación entre los individuos, observando el gráfico se adivina que existe una importante correlación entre los resultados analíticos, hasta el punto que pueden ser resumidos en una ecuación matemática sencilla, la de la línea recta.

---

[2] JEFATURA DEL ESTADO (2007). Ley 34/2007, de 5 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. BOE n.º 275, pp. 46962-46987.

[3] AYUNTAMIENTO DE MADRID. Concejalía de Medioambiente. Sistema de Vigilancia de la Calidad del aire, http://www.mambiente.munimadrid.es/sica/scripts/index.php [consultado el 20 de mayo de 2016].

[4] ÁREA DE CALIDAD ATMOSFÉRICA. Red de Calidad del Aire, http://gestiona.madrid.org/azul_internet/html/web/2.htm?ESTADO_MENU=2_1 [consultado el 20 de mayo de 2016].

| Individuo | $Ca^{2+}$, mg/100 mL | Fosfato, mg/100 mL |
|---|---|---|
| 1 | 8,0 | 5,5 |
| 2 | 8,2 | 5,7 |
| 3 | 8,7 | 5,6 |
| 4 | 10,0 | 4,7 |
| 5 | 9,1 | 4,9 |
| 6 | 9,7 | 4,5 |
| 7 | 14,1 | 1,7 |
| 8 | 15,2 | 1,8 |
| 9 | 14,4 | 2,0 |

*Tabla 1.* Datos analíticos del contenido en sangre de fosfato y calcio de nueve individuos.

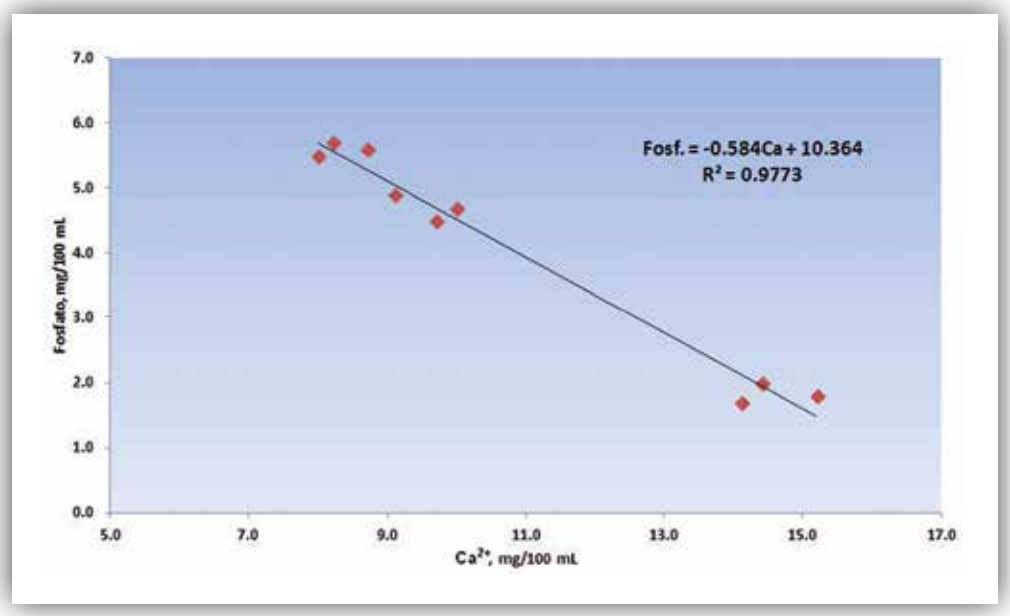



*Figura 1.* Representación de los resultados analíticos de los datos mostrados en *tabla 1*.

En definitiva, esto es lo que hace el PCA, buscar relaciones entre los elementos de la muestra analizada y encontrar las correlaciones matemáticas que existen entre ellas. El caso anterior era muy simple, pues la muestra analizada está formada por unos pocos individuos y solo dos variables. En la práctica, la muestra estadística suele ser más amplia y, sobre todo, en el análisis PCA se incluyen muchas más variables. Para ver cómo opera el PCA, vamos a utilizar como ejemplo los datos horarios de contaminación atmosférica suministrados por la estación de control ubicada en Alcalá de Henares en la fecha que se indica. Para no complicar mucho el análisis, hemos seleccionado cinco variables químicas y una meteorológica, de las 15 que suministra esta red (*tabla 2*).

| Hora | CO, mg/m$^3$ | NO, µg/m$^3$ | $NO_2$, µg/m$^3$ | PM10, µg/m$^3$ | $O_3$, µg/m$^3$ | Rad. Solar, W/m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,6 | 2 | 8 | 2 | 66 | 5 |
| 2 | 0,6 | 2 | 19 | 5 | 72 | 5 |
| 3 | 0,6 | 2 | 18 | 7 | 73 | 6 |
| 4 | 0,6 | 2 | 16 | 3 | 72 | 6 |
| 5 | 0,6 | 1 | 11 | 5 | 73 | 6 |
| 6 | 0,6 | 2 | 16 | 5 | 65 | 5 |
| 7 | 0,7 | 3 | 44 | 5 | 38 | 4 |
| 8 | 0,7 | 4 | 33 | 2 | 44 | 4 |
| 9 | 0,6 | 4 | 20 | 2 | 56 | 10 |
| 10 | 0,7 | 5 | 31 | 3 | 46 | 62 |
| 11 | 0,7 | 5 | 24 | 4 | 55 | 247 |
| 12 | 0,6 | 4 | 18 | 1 | 68 | 265 |
| 13 | 0,6 | 3 | 14 | 4 | 74 | 434 |
| 14 | 0,6 | 3 | 13 | 4 | 76 | 374 |
| 15 | 0,6 | 3 | 11 | 3 | 78 | 277 |
| 16 | 0,6 | 3 | 11 | 4 | 77 | 134 |
| 17 | 0,6 | 1 | 13 | 2 | 71 | 55 |
| 18 | 0,6 | 2 | 16 | 1 | 68 | 5 |
| 19 | 0,6 | 2 | 17 | 5 | 64 | 4 |
| 20 | 0,6 | 2 | 16 | 8 | 62 | 4 |
| 21 | 0,6 | 2 | 12 | 6 | 66 | 5 |
| 22 | 0,6 | 2 | 13 | 4 | 63 | 5 |
| 23 | 0,6 | 1 | 8 | 1 | 71 | 4 |
| 24 | 0,6 | 1 | 7 | 2 | 71 | 4 |

*Tabla 2.* Datos horarios de contaminación atmosférica correspondientes a la estación de Alcalá de Henares (9 de enero de 2016).

Para poder ver las posibles relaciones que puedan existir entre las diferentes horas del día es necesario proceder a un tratamiento adecuado de estos datos, pues, obviamente, no es posible representar las seis variables de forma similar a como se hizo en el ejemplo del calcio y el fosfato. Es necesario, por tanto, reducirlo a un sistema de, como máximo, tres variables. Cada una de estas nuevas variables del sistema reducido se denomina *componente principal*, pudiendo ser consideradas, en su conjunto, como una serie de variables latentes o virtuales, que contienen la información más relevante del conjunto de variables reales. Sin embargo, antes de proceder a esta reducción dimensional, es muy recomendable proceder a una normalización de los datos para que estos tengan un peso similar en el conjunto de los datos. Esta opción está disponible en el programa estadístico utilizado en el tratamiento de los datos. En este caso se utilizó el programa StatGraphics Centurión XVI.I, aunque en el mercado existen otros paquetes para el tratamiento estadístico de datos, como Matlab, Unescrable o IBM SPSS. Una vez que los datos han sido cargados en la hoja de datos del programa y normalizados por este, el primer paso es decidir el nivel de reducción de la dimensionalidad del sistema, es decir, cuántos componentes principales va a tener.

Existen varios criterios, generalmente relacionados con los valores propios de la matriz de correlación que se obtiene a partir de la matriz de datos normalizados. Cada valor propio explica un porcentaje de la varianza del sistema (*tabla 3*). El valor propio correspondiente a la primera componente principal explica el 53,3% de la variabilidad del conjunto de datos; el segundo, el 23,7%, el tercero, el 15,9%, y así sucesivamente. Como vemos, con un sistema tridimensional formado por las tres primeras componentes principales, explicaríamos casi el 93% de la variabilidad del sistema. En cuanto al segundo criterio, este se basa en el hecho de que solo son significativos los valores propios superiores a 1, por lo que, de acuerdo con este criterio, el sistema original de seis variables se puede reducir a un nuevo sistema de dos componentes principales.

| Componente | Valor propio, l | Varianza explicada, % | Varianza acumulada, % |
|---|---|---|---|
| 1 | 3,197 | 53,3 | 53,3 |
| 2 | 1,420 | 23,7 | 77,0 |
| 3 | 0,955 | 15,9 | 92,9 |
| 4 | 0,210 | 3,5 | 96,4 |
| 5 | 0,136 | 2,3 | 98,7 |
| 6 | 0,082 | 1,3 | 100,0 |

*Tabla 3.* Valores propios y varianza explicada correspondiente a los datos de la *tabla 2*.

En este caso, dada la mayor facilidad de visualización que tienen los sistemas bidimensionales, hemos optado por este segundo criterio. Una vez decidido el número idóneo de componentes principales, el siguiente paso es obtener el denominado diagrama de dispersión (*scores*), que es el diagrama que muestra las relaciones existentes entre los diferentes objetos analizados, en este caso, las horas del día (*figura 2*). Como se puede ver, las horas nocturnas (puntos oscuros) se agrupan en un solo cuadrante del diagrama, mientras que casi todas las horas diurnas (puntos claros) tienen valores positivos del segundo componente principal.

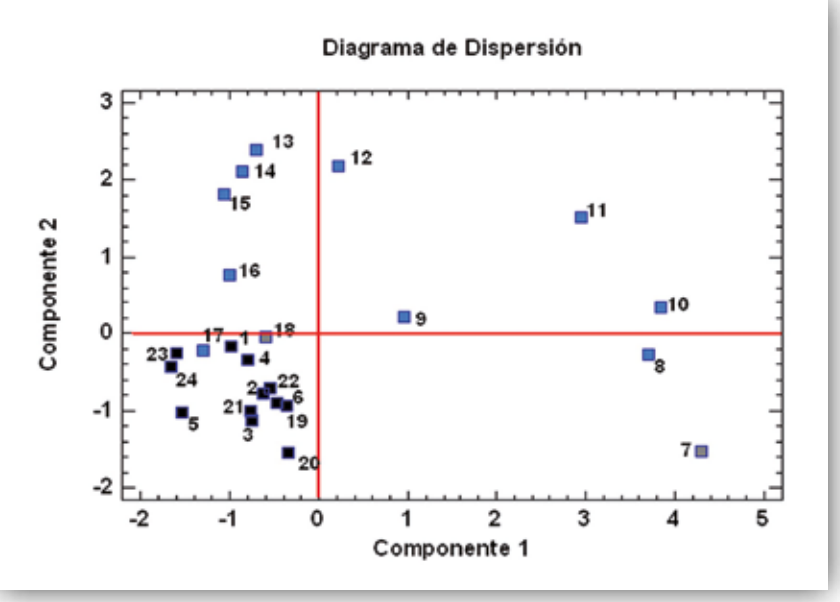



*Figura 2.* Diagrama de dispersión para los dos primeros componentes principales de los datos de contaminación mostrados en la *tabla 3*.

La gráfica anterior muestra la forma en que los diferentes objetos analizados se relacionan entre sí. Para ver la relación existente entre las variables originales incluidas en la evaluación, se recurre al gráfico de pesos o cargas (*loadings*) (*figura 3*). Cuanto menor es el ángulo formado entre dos variables, mayor es la correlación existente entre ellas, caso del CO y el $NO_2$, ambas variables fuertemente relacionadas con el tráfico. Por otro lado, cuando existe poca correlación, la disposición de las variables es ortogonal, es decir, forman entre ellas ángulos próximos a los 90.º. Es el caso del CO con respecto a las partículas en suspensión o con respecto al nivel de radiación solar. Por último, cuando dos variables se muestran en direcciones opuestas, indica que existe interrelación. Es el caso del $NO_2$ y el ozono, que, debido a las reacciones fotoquímicas en la atmósfera, la presencia de uno limita la del otro.

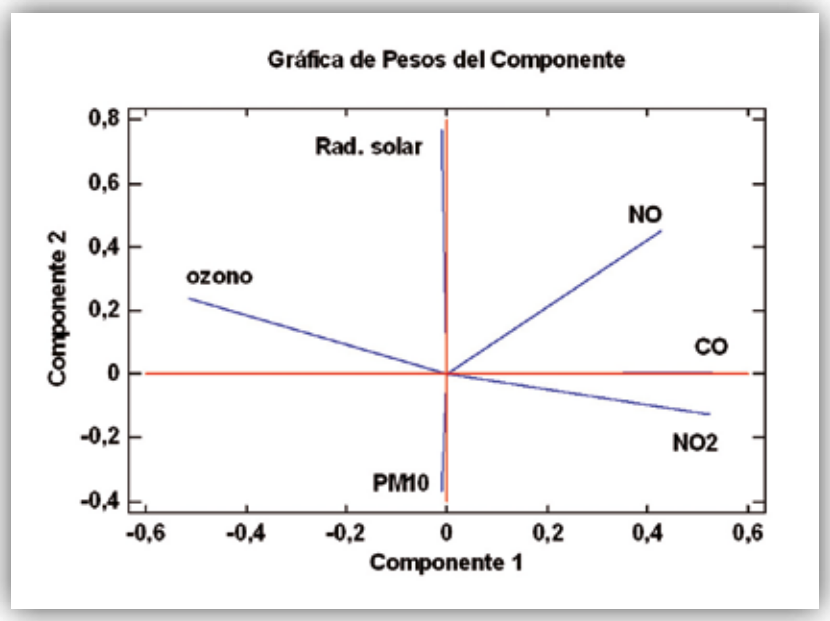



*Figura 3*. Gráfica de pesos de los dos primeros componentes principales.

Finalmente, el diagrama combinado (*figura 4*), formado por los objetos y las variables sobreimpresas en el mismo gráfico, permite apreciar las relaciones existentes entre ellos. Los puntos que representan a las primeras horas de la mañana están próximos a la línea (*loading*) que representa al CO y entre las de $NO_2$ y NO, tres contaminantes muy relacionados con el tráfico. La fecha del muestreo corresponde a un sábado, día de la semana con menor actividad económica y que se desarrolla principalmente por las mañanas, que suele soportar mayor tráfico que las tardes. También se puede ver que las zonas centrales del día, de las 12 a las 15 h se agrupan junto a la variable radiación solar, cosa lógica, pues en un día poco nuboso, son las horas que reciben mayor cantidad de luz. Las horas nocturnas aparecen entre PM10 y ozono. Esto es debido a que los mayores niveles de partículas y de ozono en las atmósferas urbanas se dan al atardecer y comienzo de la noche.

Con este ejemplo de la distribución de la contaminación atmosférica a lo largo del día en una ciudad populosa como Alcalá de Henares (c.a. 200 000 habitantes) hemos mostrado cómo funciona el Análisis de Componentes Principales y se pueden interpretar los resultados de dicho análisis. Sin embargo, los estudiantes pueden explorar otras posibilidades relacionadas con aspectos socioeconómicos, climáticos, o de otro tipo. La *figura 5* muestra un diagrama combinado con los valores medios medidos en 24 de las 47 estaciones de la Comunidad de Madrid. Los parámetros escogidos están fuertemente relacionados con el tráfico. Las estaciones de control correspondientes a Madrid capital y a las poblaciones de más de 60 000 habitantes aparecen todas ellas en el lado derecho de la gráfica, mientras que las que se encuentran ubicadas en zonas rurales y en poblaciones de menor tamaño aparecen en el

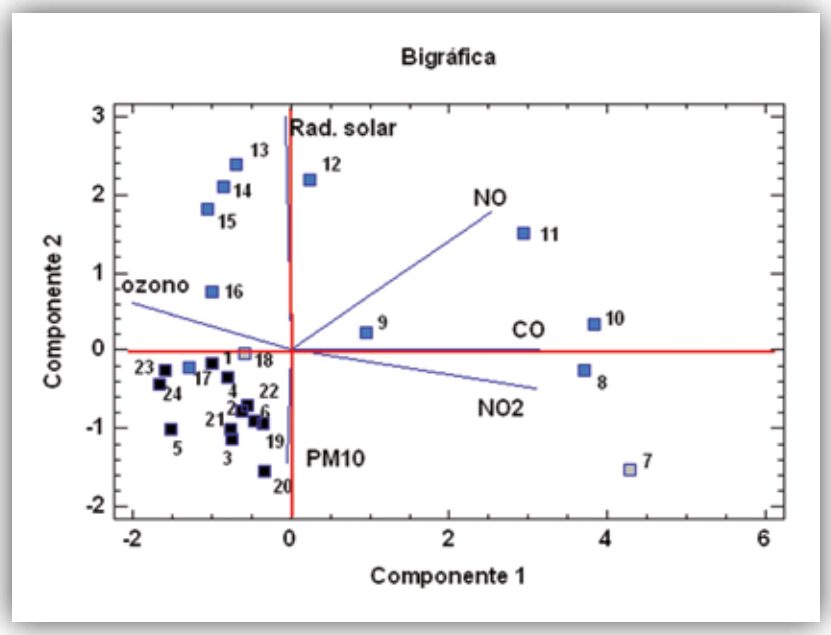



*Figura 4*. Diagrama combinado que muestra la relación existente entre los horas del día y las variables incluidas en el estudio.

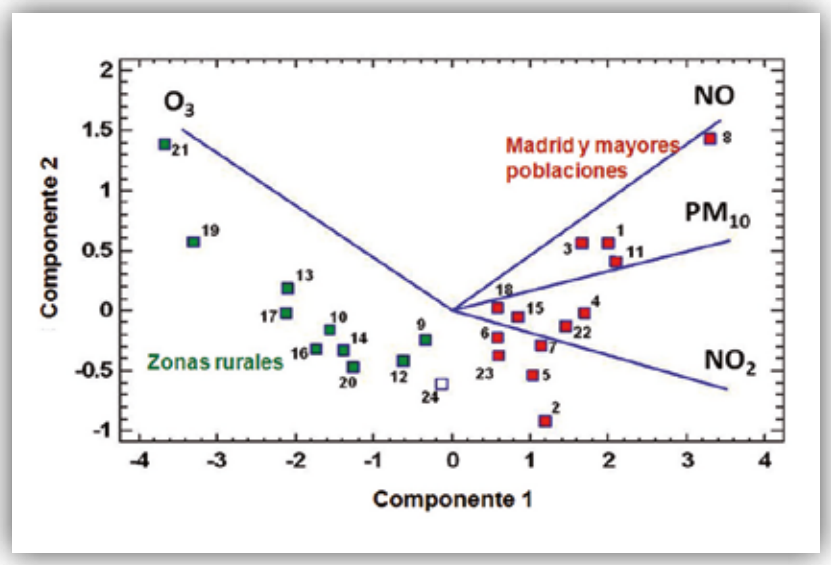



*Figura 5*. Diagrama combinado que muestra la relación existente entre la contaminación debida al tráfico y la población del municipio donde se ubica la estación de control.

lado izquierdo. La estación etiquetada con el número 24 corresponde a la Casa de Campo, un parque que por sus grandes dimensiones presenta un comportamiento, en cuanto a contaminación se refiere, intermedio entre la gran urbe y las zonas rurales.

También se pueden utilizar datos de otras redes de control de la contaminación atmosférica. La *figura 6* muestra la fuerte dependencia de la contaminación en relación con las condiciones climáticas. Cada punto representa la media mensual de varios contaminantes relacionados con el tráfico de Londres. Los meses fríos (azul), de octubre a marzo, se agrupan en el lado derecho y muestran un mayor nivel de contaminación por tráfico, mientras que los meses más templados, de abril a septiembre, aparecen en el lado izquierdo.

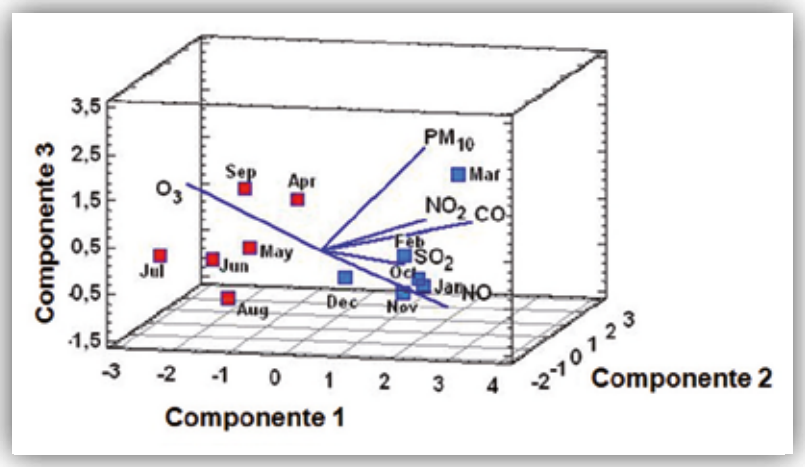



*Figura 6.* Diagrama combinado para tres componentes principales que muestra la relación existente entre la contaminación debida al tráfico y los meses en que se hicieron las medidas.

Finalmente, aunque aquí se han utilizado los datos de contaminación atmosférica para mostrar cómo funciona y cómo se puede interpretar el PCA, estos datos se pueden utilizar para la realización de otras muchas actividades relacionadas con el medio ambiente, tanto a nivel de bachillerato como de estudios superiores. Se pueden utilizar para la realización de gráficos comparativos mensuales o para ver la evolución a lo largo del día de la contaminación urbana. Así, la *figura 7* muestra la evolución de la contaminación hora a hora medida en la estación Escuelas Aguirre, en el centro de Madrid capital. Además de mostrarnos la variación de los niveles de ciertos contaminantes a lo largo del día, también puede servir de resumen y para entender algunas de las interpretaciones del PCA que hemos comentado en las figuras anteriores. Los datos corresponden a una fecha muy concreta y muy especial, el 2 de diciembre de 2015. Ese día, por primera vez en la historia reciente de Madrid, el Ayuntamiento activó el protocolo de control de tráfico para días con alto nivel de contaminación atmosférica, limitando la velocidad a 70 km/h en la M30 y en los accesos a la ciudad. Hemos comentado antes, cuando explicábamos el funcionamiento del PCA, que los mayores niveles de partículas y de ozono se dan al atardecer y comienzo de la noche o que cuando aumenta el nivel de ozono, los niveles de $NO_2$ se mantienen relativamente bajos y viceversa, debido a mecanismos en los que intervienen diferentes reacciones fotoquímicas. Esta figura permite ver esas relaciones de forma cuantitativa junto con las reacciones químicas involucradas en la variabilidad de los niveles de contaminación atmosférica en las grandes urbes.

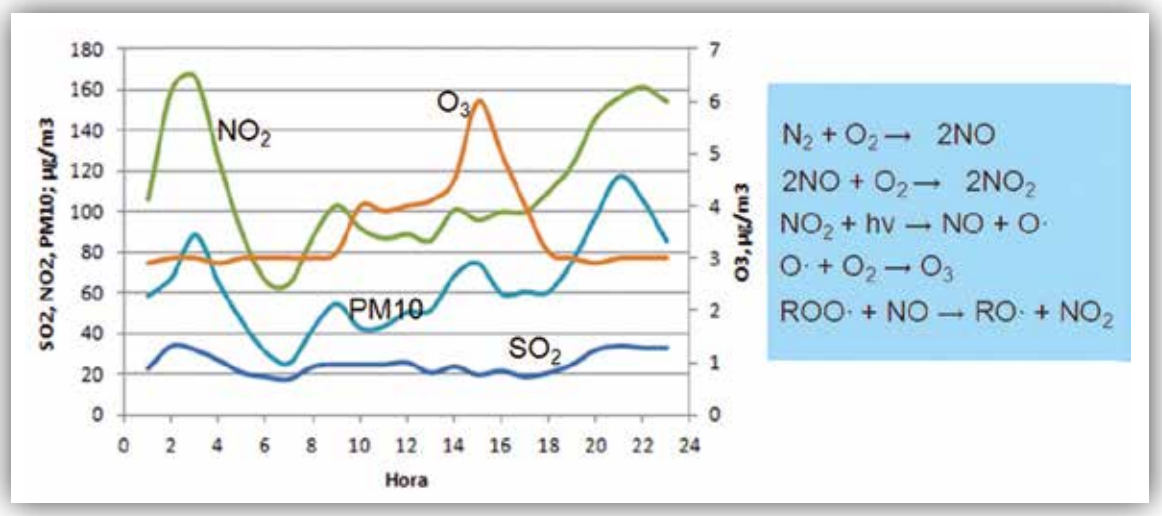



*Figura 7.* Evolución a lo largo del día de los principales contaminantes debidos al tráfico y reacciones químicas y fotoquímicas involucradas.

## Conclusiones

La fácil y gran disponibilidad en Internet de datos relacionados con la contaminación ambiental y calidad del aire de las grandes ciudades, permite utilizarlos como material de apoyo en la enseñanza de materias relacionadas con la química ambiental y general o como fuente de datos para otros tipos de estudios, como el tratamiento de datos estadísticos. Tal es el caso de la presente comunicación, en la que se han utilizado para mostrar el funcionamiento de Análisis de Componentes Principales (PCA), una poderosa herramienta matemática muy útil para la interpretación de grupos de datos, ya que este método estadístico permite visualizar de una forma sencilla las relaciones existentes entre los objetos motivo de estudio y las variables que se examinan.

# Integración educativa de proyectos con TIC mediante herramientas de agregación (*padlet*)

David Rosa Novalbos

*Profesor de Biología y Geología. IES Rosa Chacel. C/ Huertas, 68 - 28770 Colmenar Viejo (Madrid)*
darosanov@gmail.com

**Palabras clave:** Aprendizaje Basado en Proyectos, grupos cooperativos, TIC, evaluación de la competencia digital, ciencias naturales.

**Keywords:** Project-based Learning, cooperative groups, ICT; digital competence assessment, natural science.

**Resumen**

Esta comunicación propone una metodología de trabajo por proyectos para abordar contenidos curriculares de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de 1.º ESO. Los contenidos se distribuyen entre subgrupos cooperativos de alumnos para ser desarrollados utilizando las TIC y con la creación de recursos digitales integrados en un *padlet* (muro digital) para finalmente comunicar sus proyectos en el aula. Los resultados obtenidos muestran altos niveles de resolución en relación a la calidad de sus *padlets*, es decir, en el tratamiento dado a los contenidos trabajados en sus proyectos, así como en su exposición y comunicación.

**Abstract**

This paper puts forward a project-based methodology to tackle the curricular contents of biology in Year 1, CSE (Certificate of Secondary Education). The main contents are divided into cooperative sub-groups projects using ICTs to create digital resources in order to transmit the results of the studies in class by means of PADLETS-integrated digital walls. High levels of achievement are shown both in the contents of the topics, in the visual aids employed and in the presentation and ideas conveyed.

## Introducción

Entre los enfoques indagativos (en inglés *Inquiry-Based Science Education*, IBSE) se encuentra el trabajo por proyectos que es el adoptado en este trabajo. Al igual que cualquier planteamiento de esta naturaleza, se enfrenta al alumnado con un reto, no superable con la información y conocimiento disponible, y para cuya resolución y elaboración del producto final, un *padlet*, necesitan plantear y desarrollar estrategias indagativas y construir nuevos conocimientos.

Este enfoque implica, necesariamente, estimular el trabajo cooperativo, dejar de lado la enseñanza mecánica y memorística para centrarse en un trabajo más retador y complejo, y utilizar un planteamiento interdisciplinar en lugar de uno por área o asignatura (Anderman y Midgley, 1998[1]; Lumsden, 1994[2]). Además, el producto final conseguido se debe comunicar oralmente al resto de los compañeros (Larmer y Mergendoller, 2010[3]).

El presente estudio surge de la inquietud del profesor-investigador de seguir las sugerencias internacionales y abordar una metodología indagativa para el desarrollo de las clases (European Commision, 2007[4]; Abd-el-Khalick, *et al.*, 2004[5]) y mejorar la calidad de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia y el interés del alumnado (Prince y Felder, 2006[6]). La intención es trascender el modelo expositivo e involucrar al alumnado en la gestión activa de su propio aprendizaje.

El trabajo cooperativo, además de abordar los contenidos curriculares de la asignatura, conlleva el desarrollo de dimensiones competenciales TIC relacionadas con el tratamiento de la información y la competencia digital (MEC, 2007: 688[7]):

«Esta competencia consiste en disponer de habilidades para buscar, obtener, procesar y comunicar información, y para transformarla en conocimiento. Incorpora diferentes habilidades, que van desde el acceso a la información hasta su transmisión en distintos soportes una vez tratada, incluyendo la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación como elemento esencial para informarse, aprender y comunicarse. […] permite procesar y gestionar adecuadamente información abundante y compleja, resolver problemas reales, tomar decisiones, trabajar en entornos colaborativos ampliando los entornos de comunicación para participar en comunidades de aprendizaje formales e informales, y generar producciones responsables y creativas».

Esta competencia refleja la relevancia que a nivel educativo suponen las TIC como soportes para el almacenamiento, la transmisión y la inmediata disponibilidad de la información y su importancia por facilitar el aprendizaje efectivo y la comprensión de conceptos (Otieno, Chisikwa y Atieno, 2013[8]; Van Rooy, 2012[9]; Šorgo, Verčkovnik y Kocijančič, 2010[10]), incrementar la motivación de los estudiantes

---

[1] ANDERMAN, L. H. y MIDGLEY, C. (1998). *Motivation and middle school students [ERIC digest],* Champaign, IL: ERIC Clearinghouse on Elementary and Early Childhood Education.

[2] LUMSDEN, L. S. (1994). *Student motivation to learn (ERIC Digest No. 92),* Eugene, OR: ERIC Clearinghouse on Educational Management.

[3] LARMER, J. y MERGENDOLLER, J. R. (2010), Seven Essentials for Project-Based Learning, *Educational Leadership,* 68, [1], pp. 34-37.

[4] EUROPEAN COMMISION. (2007). *Science Education now: A renewed pedagogy for the future of Europe,* Brussels.

[5] ABD-EL KHALICK; F., BOUJAOUDE, S.; DUSCHL, R.; LEDERMAN, N. G.; MAMLOK-NAAMAN, R.; HOFSTEIN, A.; NIAZ, M.; TREAGUST, D. y TUAN, H. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives, *Science Education*, 99, pp. 397-419.

[6] PRINCE, M. y FELDER, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), pp. 13-138.

[7] MEC, R. D. 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.

[8] OTIENO, D.; CHISIKWA, F. y ATIENO, M. (2013). Atittude of teachers and students towards use of information and communication technology in the implementation of biology curriculum in sellected secondary schools. *Research Journal in Organizational Psychology & Educational Studies*, 2(3), pp. 76-83.

[9] VAN ROOY, W. S. (2012). Using information and communication technology (ICT) to the maximum: learning and teaching biology with limited digital technologies. *Research in Science & Technological Education*, 30(1), pp. 65-80.

[10] ŠORGO, A.; VERČKOVNIK, T. y KOCIJANČIČ, S. (2010). Information and Communication Technologies (ICT) in Biology Teaching in Slovenian Secondary Schools. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(1), pp. 37-46.

(Haunsel y Hill, 1989[11]; Kubiatko y Haláková, 2009[12]) y desarrollar habilidades cognitivas como la resolución de problemas (Van Rooy, 2012).

El estudio se realizó en el IES Rosa Chacel de Colmenar Viejo (Madrid), un Instituto de Educación Secundaria (IES), un centro educativo público de la Comunidad de Madrid, que forma parte de los 15 institutos que desarrollan un proyecto institucional denominado Institutos de Innovación Tecnológica (IIT). Este proyecto dota a estos centros con recursos digitales (aulas de informática, ordenadores, pizarras digitales y conexión a Internet) cuyo objetivo principal es favorecer el aprendizaje del alumnado de la etapa de ESO mediante el uso de las TIC.

## Objetivos

Describir una metodología para desarrollar y evaluar la competencia digital a través del aprendizaje basado en proyectos cooperativos que integran las TIC.

## Metodología

El estudio es cualitativo de tipo descriptivo con un diseño de estudio de caso (Rodríguez y otros, 1999[13]), y asume el método de la investigación-acción al estar orientado a la transformación de la realidad educativa desde la propia realidad.

### Muestra

El trabajo se desarrolló en un grupo clase de 1.º ESO de Ciencias Naturales del IES Rosa Chacel de Colmenar Viejo (Madrid) en el curso académico 2014-2015.

Participaron 28 alumnos de entre 12 y 13 años que trabajaron 5 unidades didácticas, distribuidos en 5 subgrupos cooperativos.

### Metodología de aula

El proceso de elaboración de los proyectos se realizó durante 4 meses durante la 1.ª y 2.ª evaluación del curso académico 2014-2015, y se implementó en un Aula Tecnológica-Aula IIT (ver *figura 1*).

Constaba de las siguientes fases:

- 1.ª fase: 1 sesión de clase semanal durante 4 meses para la realización de las tareas digitales de los proyectos.
- 2.ª fase: 5 sesiones para las exposiciones orales de los proyectos en el aula.

En relación a la secuencia metodológica, al principio del curso se informó a los alumnos de las actividades a realizar para elaborar los 5 proyectos que se les iban a asignar y que se corresponden con 5 unidades del libro de texto utilizado en el centro (Barrio y otros, 2011[14]). El profesor creó los grupos mezclando

[11] Haunsel, P. B. y Hill, R. S. (1989). The microcomputer andachievement and attitudes in high school biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, pp. 543-549.

[12] Kubiatko, M. y Haláková, Z. (2009). Slovak high school students' attitudes to ICT using in biology lesson. *Computers in Human Behaviour*, 25(3), pp. 743-748.

[13] Rodríguez, G.; Gil, J. y García, E. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa.* Málaga, Ediciones Aljibe, S. L.

[14] Barrio, J.; Bermúdez, M.ª. L.; Faure, A.; Gómez, M.ª .F. y Bárcena, J. (2011). *Ciencias de la Naturaleza de 1.º ESO*. Estella (Navarra), Oxford Educación.

alumnos de diferentes niveles académicos y les asignó la unidad didáctica que creyó conveniente. Los proyectos fueron: *«La materia»*, «La atmósfera», «La hidrosfera», «La geosfera» y «La Tierra en el universo».



*Figura 1.* Aulas tecnológicas del Proyecto de Institutos de Innovación Tecnológica.

A continuación, los grupos iniciaron el trabajo cooperativo con esta secuencia temporal:

1.ª fase de realización de tareas TIC. Una sesión semanal en aula IIT (*figura 2*) y con tareas para casa, con plazos de entrega adecuados a cada tarea.



*Figura 2.* Trabajo en grupos cooperativos en las aulas tecnológicas (IIT).

El profesor durante toda la fase de producción actúa como guía, establece plazos de entrega y aporta «Normas de presentaciones digitales». También orienta a los alumnos cuando tienen dificultades, propone ideas, recoge sugerencias, destaca producciones de los grupos de utilidad para los demás y supervisa el avance de los diferentes grupos.

La secuencia de tareas realizadas en sus proyectos queda esquematizada en la *figura 3*.

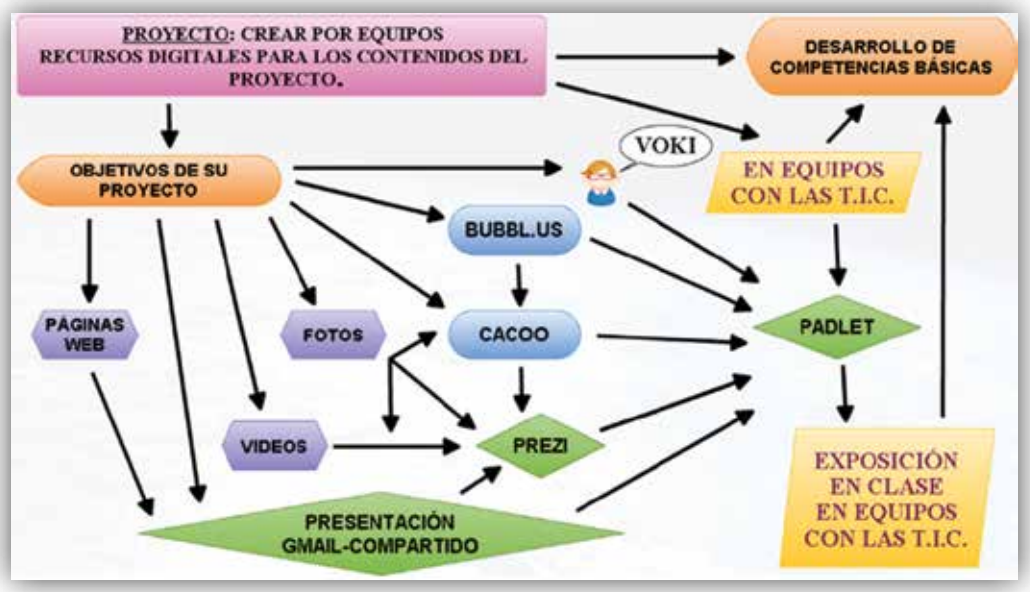



*Figura 3.* Esquema del proyecto a realizar por los grupos en las aulas tecnológicas.

Las tareas siguieron la secuencia que se muestra a continuación:

- Diseñar el enunciado de los objetivos del proyecto.
- Buscar en Internet una secuencia de 10 fotografías relacionadas.
- Buscar en Internet 2 o 3 vídeos relacionados.
- Buscar en Internet 2 o 3 páginas web relacionadas.
- Crear un mensaje con Voki de introducción del proyecto.
- Crear un mapa conceptual con Bubbl.us.
- Crear otro mapa conceptual con Cacoo de otra parte del proyecto.
- Crear una presentación con Prezi de otra parte del proyecto.
- Crear una presentación con Gmail-compartido de todo el proyecto.
- Construcción del *padlet* como producto final que integra todos los recursos digitales seleccionados y creados anteriormente.

Hay que recalcar que el alumnado no había sido adiestrado en el uso de estas herramientas TIC y van aprendiéndolas durante el desarrollo del proyecto a la vez que los contenidos científicos. A continuación se aclaran las prestaciones de algunas de estas herramientas digitales:

- **Voki:** Personaje digital (dibujo, animal, persona, etc.) que habla lo que el creador desea. Su perfecta escritura permite su adecuada entonación en diferentes idiomas.
- **Bubbl.us**: Mapa conceptual creado exclusivamente con palabras.
- **Cacoo:** Mapa conceptual creado con palabras e imágenes.

- **Prezi:** Presentación de diapositivas multimedia con efecto zoom.
- ***Padlet*:** Tablero o muro digital donde se puede colgar cualquier tipo de documento digital o web.

2.ª fase de exposición y comunicación de sus proyectos. Cinco sesiones en el aula IIT.

- Cada grupo dispuso de una sesión de clase completa para exponer el producto final de su proyecto (*figura 4*). Los grupos toman sus propias decisiones sobre la dinámica de presentación de los productos finales de los proyectos.
- Cada grupo se autoevaluó y fue evaluado por los restantes con una ficha de evaluación de exposiciones que se indica en el siguiente apartado.

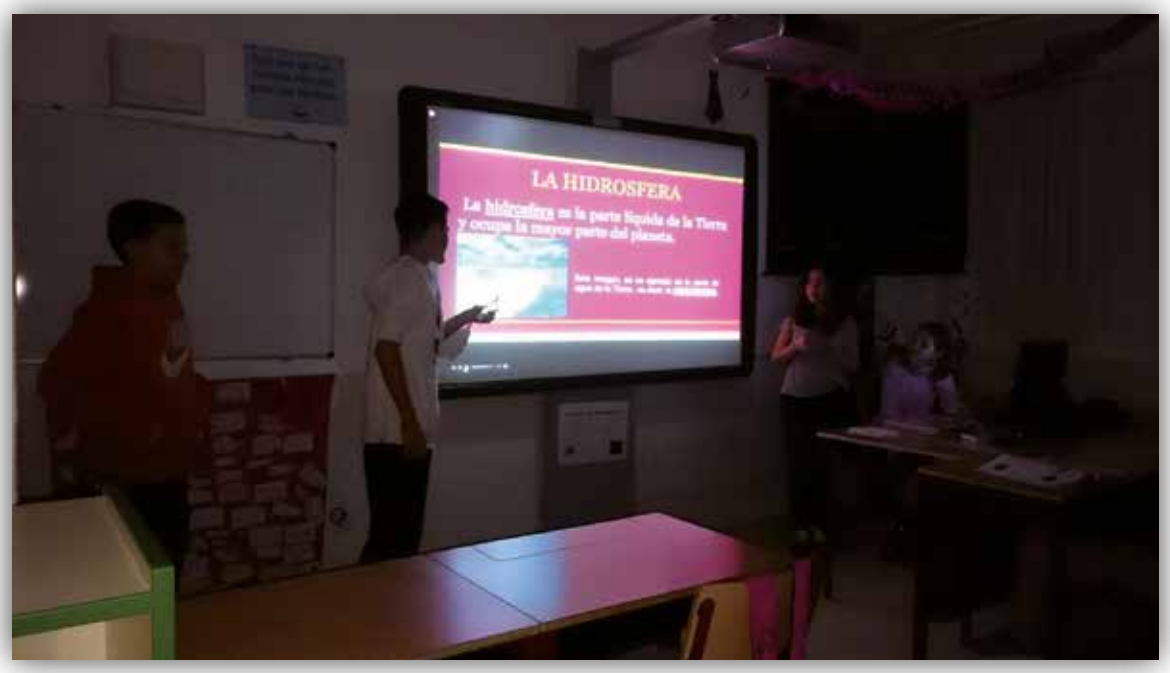



*Figura 4.* Exposiciones de los grupos.

Durante esta fase de exposiciones el profesor también las evaluó a partir de los *padlets* presentados, las exposiciones de los alumnos y las fichas de evaluación y autoevaluación, asignándoles el nivel alcanzado en cada variable investigada.

### INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Para lograr el objetivo del estudio se utilizó como instrumento de evaluación los cinco *padlets* de las cinco unidades trabajadas que son los productos finales de integración de los recursos digitales. En la *figura 5* se muestra como ejemplo una imagen de uno de los *padlet* del estudio.

Los 5 *padlets* de las unidades trabajadas se pueden consultar en los siguientes vínculos:

- **«La materia»:** *https://es.padlet.com/darosanov/zhpi2xssu2tn*
- **«La atmósfera»:** *https://es.padlet.com/darosanov/at3j9ef5pyva*
- **«La hidrosfera»:** *https://es.padlet.com/darosanov/rzsmfe683z4r*
- **«La geosfera»:** *https://es.padlet.com/darosanov/7qs0utxx7mnj*
- **«La Tierra en el universo»:** *https://es.padlet.com/darosanov/5lyjdv0hw6lr*

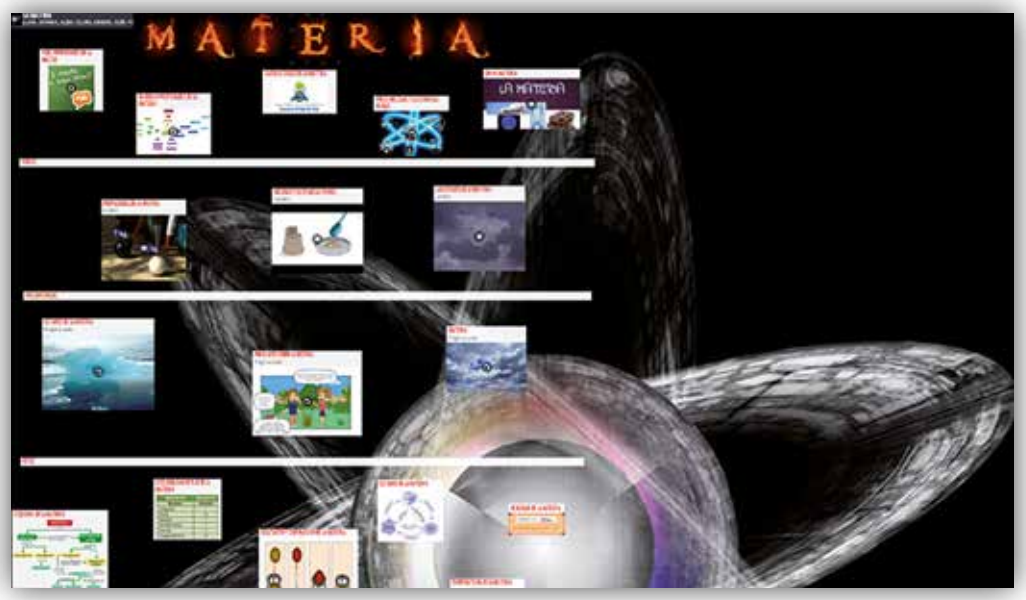


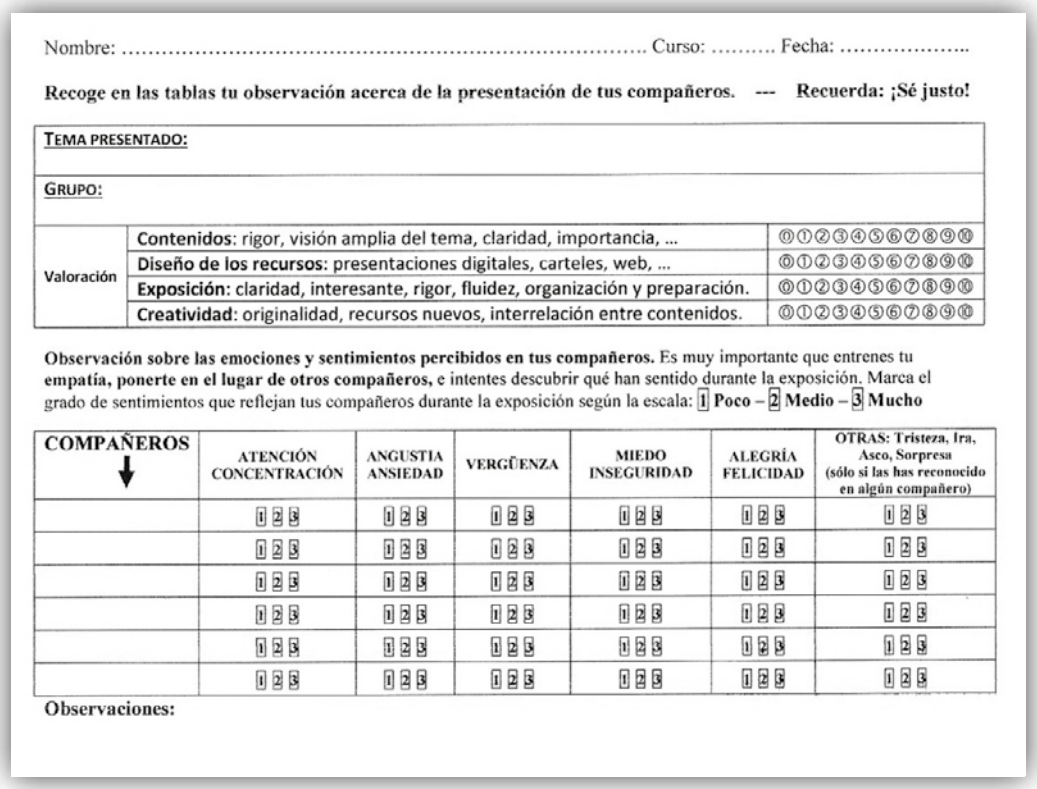

Figura 5. Ejemplo de *padlet* del subgrupo de «La materia».

Para el análisis de los *padlets* se establecieron criterios de corrección para cada variable analizada en términos de 4 niveles según su grado de resolución (ver *tabla 1*).

| **Crear un *padlet* de todo su proyecto con todos los recursos digitales pedidos** | **0** | **1** | **2** | **3** |
|---|---|---|---|---|
| • Incluyen todos los recursos digitales pedidos (objetivos, voki, fotos, vídeos, bubblus, cacoo, gmail-compartido y prezi), porque funcionan correctamente los archivos e hipervínculos. | | | | |
| • Cumplen las «Normas de presentaciones digitales», es decir, el diseño de sus recursos es adecuado, claro y están bien organizados. | | | | |
| • El mensaje es completo, porque dan una visión amplia de su proyecto. | | | | |
| • El mensaje es adecuado, porque está bien redactado, claro y estructurado. | | | | |
| • Han trabajado su proyecto con el rigor e importancia adecuados | | | | |
| **Exposición y comunicación de todo su proyecto en clase, en grupos y con las TIC** | **0** | **1** | **2** | **3** |
| • Contenidos: los han tratado de forma completa, estructurada, con rigor y claridad, dando la importancia adecuada a su proyecto. | | | | |
| • Recursos: han usado todos sus recursos (digitales o no) de forma organizada y secuenciada, dando valor a sus creaciones. | | | | |
| • Exposición: se han organizado bien, han participado por igual los componentes del grupo y se han apoyado en sus presentaciones digitales (no las han leído). | | | | |
| • Creatividad: han sido originales y creativos en la secuenciación de los contenidos, sus recursos y en la gestión del tiempo del que disponían. | | | | |

*Tabla 1.* Variables analizadas y niveles de resolución (Valor 0: No cumplen las sugerencias; Valor 1: Cumplen parte de las sugerencias; Valor 2: Casi cumplen las sugerencias totalmente; Valor 3: Cumplen totalmente las sugerencias).

Para cumplimentar el apartado 2 de la *figura 6* se consideraron las autoevaluaciones de los componentes del subgrupo cooperativo que ha desarrollado el correspondiente proyecto, las evaluaciones conjuntas de los otros subgrupos del mismo grupo clase y la evaluación del profesor con la misma ficha de la *figura 6*.



Nombre: ..... Curso: ..... Fecha: .....

**Recoge en las tablas tu observación acerca de la presentación de tus compañeros. --- Recuerda: ¡Sé justo!**

| | | |
|---|---|---|
| TEMA PRESENTADO: | | |
| GRUPO: | | |
| Valoración | **Contenidos**: rigor, visión amplia del tema, claridad, importancia, ... | ⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |
| | **Diseño de los recursos**: presentaciones digitales, carteles, web, ... | ⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |
| | **Exposición**: claridad, interesante, rigor, fluidez, organización y preparación. | ⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |
| | **Creatividad**: originalidad, recursos nuevos, interrelación entre contenidos. | ⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |

**Observación sobre las emociones y sentimientos percibidos en tus compañeros.** Es muy importante que entrenes tu **empatía, ponerte en el lugar de otros compañeros,** e intentes descubrir qué han sentido durante la exposición. Marca el grado de sentimientos que reflejan tus compañeros durante la exposición según la escala: **1 Poco – 2 Medio – 3 Mucho**

| COMPAÑEROS ↓ | ATENCIÓN CONCENTRACIÓN | ANGUSTIA ANSIEDAD | VERGÜENZA | MIEDO INSEGURIDAD | ALEGRÍA FELICIDAD | OTRAS: Tristeza, Ira, Asco, Sorpresa (sólo si las has reconocido en algún compañero) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 |
| | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 |
| | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 |
| | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 |
| | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 |
| | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 |

**Observaciones:**

*Figura 6.* Ficha de evaluación y autoevaluación de las exposiciones realizadas por los grupos con sus creaciones digitales.

## RESULTADOS

La *tabla 2* muestra los resultados obtenidos en el análisis de las variables analizadas en el *padlet* y en la exposición del proyecto de cada grupo de alumnos. Estos valores se basan en la evaluación realizada por el profesor considerando las evaluaciones y autoevaluaciones realizadas por los grupos de alumnos.

| VARIABLES | NIVEL DE RESOLUCIÓN DE VARIABLES Valor mínimo = 0 ;Valor máximo = 3 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 | Grupo 5 | Media |
| 1. Creación del *padlet* del proyecto | | | | | | |
| • Incluyen todos los recursos | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | **2,6** |
| • Cumplen las normas | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | **2,4** |
| • Mensaje completo | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | **3,0** |
| • Mensaje adecuado | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | **3,0** |
| • Rigor en su proyecto | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | **3,0** |
| 2. Exposición y comunicación en grupos con las TIC | | | | | | |
| • Contenidos de la exposición | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | **2,6** |
| • Recursos de la exposición | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | **2,6** |
| • Exposición | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | **2,2** |
| • Creatividad de la exposición | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | **2,4** |

*Tabla 2.* Resultados obtenidos por la muestra de alumnos.

En los resultados obtenidos se observa que la muestra de alumnos alcanza de media niveles altos de resolución, igual o superior al valor 2,2 en todas las variables analizadas.

Los valores más elevados se obtienen en la creación de los recursos digitales y la elaboración de sus *padlets* con mensajes completos, claros y estructurados que les da un alto rigor científico adecuado al curso de 1.º ESO. No obstante, a algún grupo de alumnos le falta incluir en su *padlet* algún recurso digital pedido o bien no cumplen adecuadamente las «Normas de presentaciones digitales» que se les han sugerido.

Respecto a la exposición y comunicación de sus proyectos en grupos con las TIC se obtienen, de media, valores altos de resolución en los contenidos expuestos y en los recursos digitales empleados para su exposición. Sin embargo, sin ser valores bajos de resolución, se observa que la muestra de alumnos presenta mayores dificultades en el diseño, organización y creatividad de la exposición en todo lo que se refiere a la coordinación entre los componentes del grupo, a la participación equilibrada entre sus miembros, la preparación adecuada por todos los componentes del grupo para evitar leer sus presentaciones, a la secuenciación de los contenidos y a la gestión del tiempo disponible para su exposición.

Para terminar hay que recalcar que en la calificación final de la asignatura también se consideran otras actividades y evaluaciones ligadas a los contenidos del curso que completan la programación (ejercicios, salida de campo, prácticas de laboratorio, exámenes de las unidades de su libro de texto, etc.). Por tanto, los *padlets* elaborados se constituyen como recursos comunes disponibles por todos los alumnos para el tratamiento y aprovechamiento de los contenidos del currículo.

## Conclusiones

El análisis de los resultados obtenidos en la aplicación de esta metodología en 1.º ESO, con niveles altos de resolución en las diferentes variables analizadas, lleva a concluir que esta metodología favorece el tratamiento de los contenidos, potencia el desarrollo de diferentes dimensiones competenciales digitales y podría ser transferida a otras materias.

Los resultados también permiten concluir que las dificultades en la metodología se encuentran en la motivación y esfuerzo del propio alumnado, y no tanto en las competencias que se practican y desarrollan. Por ello, estos resultados de aprendizaje obtenidos por medio de los *padlets* animan a continuar el estudio extendiéndolo a otros contenidos de esta asignatura, a contenidos de otros cursos y a contenidos de otras asignaturas.

Para terminar conviene recalcar que en la calificación final de la asignatura también se consideran otras actividades y evaluaciones ligadas a los contenidos del curso que completan la programación (ejercicios, salida de campo, prácticas de laboratorio, exámenes de las unidades de su libro de texto, etc.). Así los *padlets* elaborados se constituyen como recursos comunes disponibles por todos los alumnos para el tratamiento y aprovechamiento de los contenidos curriculares.

# *Keep calm* & completa el ciclo celular

Noelia Sánchez Sánchez
IES San Agustín de Guadalix. San Agustín del Guadalix, Madrid.
C/ Miguel Hernández, 1 piso 1.º izq. - 28110 Algete (Madrid)
biosanagus@gmail.com

**Palabras clave:** Ciclo celular, mitosis, TIC, ABP, gamificación.

**Keywords:** Cell cycle, mitosis, ITCs, PBL, gamification.

**Resumen**

Los procesos que se desarrollan en las diferentes etapas del ciclo celular, especialmente en mitosis, son un punto clave en la formación de los estudiantes de Biología[1]. Aunque suele ser frecuente encontrar alumnos que no son capaces de comprender su verdadero significado e importancia biológicos (desarrollo embrionario, crecimiento, regeneración, cáncer…). Para intentar remediar este problema buscamos involucrar al alumno en el proceso de enseñanza-aprendizaje y acercarle a la ciencia a través de la investigación utilizando una aproximación más acorde con la naturaleza de la propia asignatura.

**Abstract**

The cell cycle stages and the process involved in it, especially Mitosis, are a key issue in training students of Biology. However, it is usually found students incapable of truly understand their biological meaning (embryonic development, growing, regeneration, cancer…). In order to avoid this issue we seek to involve students in the teaching-learning process and to approach them to science through research using a suitable approach with the own subject nature.

## Introducción

La realidad educativa actual debe afrontar retos muy concretos como son la integración y buen uso de las TIC en el aula, la atención a la diversidad del alumnado y la motivación de los alumnos.

Por otra parte, los procesos que se desarrollan en las diferentes etapas del ciclo celular, especialmente en mitosis, son un punto clave en la formación de los estudiantes de Biología desde Secundaria hasta postgrado.

[1] Real Decreto 1105/2014 por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. BOE 03/01/2015.

Aunque suele ser frecuente encontrar alumnos que no son capaces de avanzar más allá de la simple memorización sin llegar a comprender el verdadero significado e importancia biológicos, y que no suelen relacionar el ciclo celular con diferentes etapas de un organismo (desarrollo embrionario, crecimiento, regeneración…) ni la importancia de la fase S para la estabilidad del propio organismo, resultándoles ajena la conexión entre ciclo celular y cáncer.

En cierta medida, el problema radica en la utilización de una metodología pasiva en el aula, impidiendo que los alumnos tomen parte en el aprendizaje puesto que el profesor es el centro activo del proceso transmitiendo sus conocimientos de manera unidireccional al alumno, mientras que este ejerce como mero receptor pasivo[2]. Para intentar remediar este problema, en el alumnado de 4.º ESO, nuestro trabajo está enfocado a fomentar un ambiente en el que el alumno se sienta atraído a investigar y profundizar en la teoría a través de la utilización de diferentes herramientas: enseñanza participativa, aprendizaje dirigido, gamificación[3] (aplicando estrategias y mecánicas de juegos con el fin de conseguir una vinculación especial con los alumnos, incentivar un cambio de comportamiento o transmitir un contenido creando una experiencia significativa y motivadora), trabajo cooperativo[4] basado en proyectos (el educador, luego de planear un problema, organiza los grupos, tratando de que coexistan en cada uno, alumnos con diferentes niveles y tipos de inteligencias[5], distribuye roles, asegurando que todos participen). Con esta aproximación buscamos simultáneamente involucrar al alumno de 4.º en el proceso de enseñanza aprendizaje y acercarle a la ciencia a través de la investigación utilizando una aproximación más acorde con la naturaleza de la propia asignatura.

Los estudios en neurociencia avalan el desarrollo de la neurodidáctica como disciplina a tener muy en cuenta para el correcto desarrollo intelectual de nuestros alumnos. Los avances en neurociencia están cambiando nuestra visión de cómo aprende el cerebro, lo que conlleva desarrollar nuevas formas en el modo de llevar a cabo los procesos de enseñanza y aprendizaje[6]. Para exponerlo de forma breve, la neuroeducación sigue el principio de que se aprende mejor a través del juego y la experimentación. Es decir, emoción y conocimiento son un tándem de éxito, pero para ello necesitamos desarrollar nuestra creatividad como docentes y la de nuestros alumnos[7].

Entendiendo «creatividad del docente» como la capacidad para generar actividades que atraigan a los alumnos, pero que también consigan abarcar los diferentes modos de aprender de cada uno de ellos. Y que, a su vez, inciten al desarrollo de las propias capacidades creativas del alumno.

## OBJETIVOS

Nuestro principal objetivo está enfocado a lograr que el alumno de 4.º ESO alcance un verdadero aprendizaje significativo de los procesos relacionados con el ciclo celular a través de la utilización de una metodología más activa y participativa junto con la ayuda de las TIC. Este objetivo se puede desglosar en:

---

[2] ACKOFF, R. y GREENBERG, D. (2008). *Turning Learning Right Side Up: Putting Education Back on Track*. New Jersey, Editorial Prentice Hall, p.196.

[3] RODRÍGUEZ, F. y SANTIAGO, R. (2015). *Gamificación: cómo motivar a tu alumnado y mejorar el clima en el aula.* Madrid, Editoral Digital Text, p. 250.

[4] ZARIQUIEY BIONDI, F. (2016). *Cooperar para aprender. Transformar el aula en una red de aprendizaje cooperativo*. Madrid, Editorial SM, p. 260.

[5] GARDNER, H. (2003). *La inteligencia reformulada: las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Barcelona, Editorial Paidós, p. 270.

[6] SOUSA, D. (2014). *Neurociencia educativa*. Madrid, Editorial Narcea, p. 200.

[7] FORÉS MIRAVALLES, A. y LIGIOIZ VÁZQUEZ, M. (2014). *Descubrir la neurodidáctica. Aprender desde, en y para la vida*. Barcelona, Editorial UOC, p. 454.

- Fomentar un ambiente en el que el alumno se sienta atraído a investigar y profundizar en la teoría a través de la utilización de diferentes estrategias.
- Impulsar una enseñanza participativa centrada en aprendizaje dirigido[8], gamificación, trabajo cooperativo basado en proyectos y juegos.
- Que el alumnado adquiera las competencias clave para su aprendizaje.
- Utilizar las TIC como apoyo para el logro de nuestros objetivos.

Como objetivo concreto tenemos la elaboración por parte de los alumnos de un producto final original que puede tener los siguientes formatos:

- Tríptico informativo de cómo una célula debe realizar el ciclo celular.
- Cómic sobre las aventuras de la vida de una célula.
- Audio con entrevistas a células en diferentes etapas del ciclo.
- Infocomercial sobre qué cambios sufre una célula a lo largo del ciclo celular.

## Metodología

Para el desarrollo del proyecto hemos intentado crear una estrategia de trabajo que englobe tareas muy distintas, basadas en la taxonomía de Bloom y respaldadas por las inteligencias múltiples de Gardner, con el fin de conseguir que los alumnos disfruten y sientan interés por el conocimiento y la comprensión del ciclo celular. La metodología empleada para desarrollar el proyecto se basa en los siguientes principios básicos:

- La implicación del alumno en su proceso de aprendizaje, incluida la evaluación del mismo.
- La motivación por el aprendizaje.
- El fomento del aprendizaje constructivista.
- La utilización de estrategias de trabajo cooperativo y colaborativo.
- El desarrollo de la creatividad.
- El manejo de las TIC como herramientas de trabajo.

Con todo ello se guía a los alumnos en la búsqueda de información partiendo de lo sencillo y aumentando la complejidad progresivamente: extrayendo conceptos, elaborando intervenciones, creando *flash cards* (sobre conceptos y procesos relacionados con el ciclo celular), desarrollando la capacidad de abstracción y habilidades cinestésicas para involucrase en juegos donde representar conceptos y procesos.

Finalmente, se propone a los alumnos la elaboración de material original utilizando medios más cercanos a su idiosincrasia (vídeos, entrevistas, cómics, infografías…) en equipos agrupados heterogéneamente en cuanto a nivel y tipos de inteligencia, promoviéndose el aprendizaje colaborativo. Para la elaboración del producto final se ha elegido esta metodología al proporcionar mayor grado de libertad a los alumnos, ya que el docente simplemente propone el tema y son los alumnos los que deciden cómo abordarlo bajo la guía del docente, que interviene solo si es consultado o si advierte algún problema en la interacción grupal[9].

---

[8] Vergara Ramírez, J. J. (2016). *Aprendo porque quiero. El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), paso a paso*. Madrid, Editorial SM, p. 223.

[9] Barkley, E. F.; Cross, K. P. y Major, C. H. (2007). *Técnicas de aprendizaje colaborativo: manual para el profesorado universitario*. Madrid, Editorial Morata, p. 236.

## SECUENCIA DEL PROYECTO

Para el desarrollo de este proyecto se han seguido los siguientes pasos:

Primero hemos *flipeado*[10, 11, 12] la clase, es decir: se ha introducido el tema a los alumnos a través de una serie de vídeos con preguntas que tenían que visualizar y contestar en casa (*figura 1*). Para, más tarde, en el aula realizar una puesta en común y resolver dudas. Después, se divide la clase en grupos cooperativos buscando crear grupos de trabajo con niveles similares. Cada grupo intentará diseñar un esquema de los pasos fundamentales en el ciclo celular para después ponerlo en común con el resto de grupos.

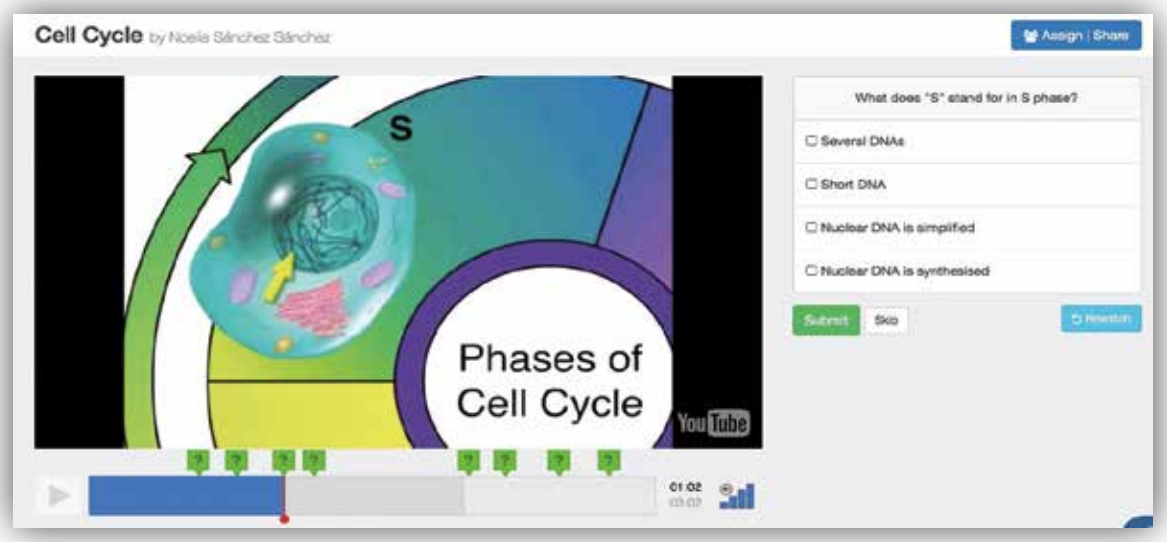



*Figura. 1.* Vídeo sobre el ciclo celular. A lo largo de su visionado el alumno encuentra diversas cuestiones que debe contestar correctamente para continuar. El cuestionario ha sido desarrollado con ayuda de EdPuzzle.

En el segundo nivel, los grupos trabajarán y profundizarán en cada etapa a través de la colaboración y el juego. Primero con textos e imágenes referentes a una etapa (diferente para cada grupo) del ciclo que tendrán que leer e intentar comprender (para ello colaborarán todos los miembros del equipo). El profesor guiará y ayudará en su aprendizaje. Después, relacionarán lo aprendido con la imagen asociada. Y por último enseñarán y comentarán la imagen al resto de grupos, explicando los sucesos fundamentales para conocer la etapa en cuestión. Otra actividad será la realización de un juego de charadas donde cada grupo representará con mímica procesos o conceptos clave del ciclo celular. Y para terminar de fijar conceptos se les propondrá un juego similar al «teléfono escacharrado» donde se comenzará con una definición que irán pasando de uno a otro miembro del equipo. El último tendrá que dar en voz alta el nombre del concepto definido. Con la finalidad de que los alumnos sean capaces de sintetizar y deducir los principales conceptos.

La tercera fase consta de dos actividades. Por un lado, la creación y utilización de *flash cards* sobre conceptos tratados previamente y, por otro lado, el diseño de un baile que represente la etapa de mitosis, que será organizado y llevado a cabo por los propios alumnos a modo de trabajo colaborativo (*figura 2*).

---

[10] TOURÓN, J.; Santiago, R. y DÍEZ A. (2014). *The flipped classroom: cómo convertir la escuela en un espacio de aprendizaje*. Madrid, Editorial Digital Text, p. 155.

[11] BERGMANN, J. y SAMS, A. (2012). *Flip your classroom: reach every student in every class every day*. USA, Editorial International Society for Technology in Education, p. 100.

[12] GERSTEIN, J. (2012). *The flipped classroom: the full picture*. USA, publicado por Amazon, p. 87.



*Figura 2.* Imagen extraída del «baile de la mitosis».

Y entramos en la última fase: el desarrollo del producto final. Cada grupo tiene que decidir cómo quiere exponer todo lo aprendido sobre el ciclo celular y la mitosis. Como se detalla en el apartado de objetivos, el producto final tendrá formato digital y quedará expuesto en el muro del proyecto junto con el resto de actividades realizadas (*https://padlet.com/biosanagus/4projects*).

## Recursos

Para la consecución de nuestros objetivos y la evolución del proyecto han resultado imprescindibles determinadas herramientas tales como: Padlet, EdPuzzle, GoogleDrive, Youtube y Genially.

Estas herramientas presentan una doble función:

- Inicialmente como guía para desarrollar los proyectos. Lo que se conoce como «movimiento hacia dentro» (las herramientas se aprovechan para introducir recursos del entorno en el aula y así crear una comunidad de aprendizaje).
- Finalmente como artefacto para compartir y difundir los productos finales de esos trabajos. Lo que conocemos como «movimiento hacia fuera» (al utilizar estos medios para desarrollar y compartir las actividades).

## Conclusiones

El uso de las nuevas tecnologías junto con metodologías basadas en proyectos de aprendizaje ha creado un ambiente más participativo que se ha visto reflejado en el aumento de interés y de nivel de trabajo en el alumnado. No hablamos exclusivamente de los resultados de los test, sino de la percepción del alumno sobre la asignatura. Los alumnos se han ido involucrando y comprometiendo cada vez más, según avanzaba el proyecto eran ellos los que demandaban nuevas actividades o incluso proponían algunas, además de motivarse entre ellos mismos. Por eso, creemos firmemente que otro modo de enseñar es posible, pero para ello es necesario que el profesorado desarrolle su parte más creativa.

# Formación del profesorado y experiencias docentes universitarias

# Propuesta de contenidos científicos sobre biomasa en el contexto de un proyecto multidisciplinar de energías renovables

Nelson Arias Ávila

*Licenciatura en Física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Carrera 3, n.º 26A - 40, Bogotá, Colombia*

Verónica Tricio Gómez

*Departamento de Física, Universidad de Burgos (UBU). Plaza Misael Bañuelos, s/n. Burgos, España*

nelsona@udistrital.edu.co / vtricio@ubu.es

**Palabras clave:** energías renovables, biomasa, enseñanza-aprendizaje, proyecto multidisciplinar, educación básica y media.

**Keywords:** renewable energy, biomass, teaching and learning, multidisciplinary project, primary and secondary education.

**Resumen**

Modificar el modelo energético existente, basado en combustibles fósiles, se ha hecho una necesidad incuestionable; en ese proceso las energías renovables (ER) jugarán un papel fundamental. Dicho proceso implica un cambio de mentalidad y a la educación le corresponde una parte esencial e insustituible en dicho cambio.

Dada la importancia de enseñar ER y temas relacionados, se formuló el PROCOLER (Proyecto Colaborativo en Energías Renovables). Se presenta una propuesta sobre la biomasa, uno de los tópicos que integran el proyecto, a partir de la experiencia obtenida a nivel universitario. Se propone su implementación en secundaria siguiendo la metodología del PROCOLER, que integra transversalmente asignaturas propias de ese nivel.

**Abstract**

Modify the existing energy model based on fossil fuels, it has become an absolute necessity; in that process the Renewable Energy (RE) will play a key role. This process involves a change of mentality, to education corresponds an essential and irreplaceable part in this change.

Given the importance of teaching RE and related topics, the PROCOLER (Collaborative Project in Renewable Energy) was formulated. A proposal on biomass, one of the topics that make up the Project, from the experience gained at the university level is presented.

Its implementation is proposed in secondary, following the methodology of PROCOLER, that integrates transversely own subjects that level.

## INTRODUCCIÓN

Son varios los grupos y proyectos educativos que, por diversos métodos, buscan propiciar la sostenibilidad del medio ambiente. En todos los proyectos y trabajos es habitual destacar la importancia de informar y educar a profesores[1], estudiantes y sus familias para que entiendan la necesidad y el potencial de aplicar medidas de eficiencia energética y energías renovables (ER) en sus hogares, y propiciar cambios en los hábitos de consumo de energía[2].

Modificar el modelo energético existente que sustituya al actual esquema insostenible de producción de energía basado en combustibles fósiles se ha hecho una necesidad incuestionable ante el reto del desarrollo sostenible[3]. En ese proceso de sustitución de los combustibles fósiles, las energías renovables jugarán un papel fundamental[4]. Dicho proceso implica la necesidad de un cambio en la mentalidad de las personas, y a la educación le corresponde una parte esencial e insustituible en dicho cambio, dado que es el medio más adecuado para la adquisición de la cultura científica básica indispensable en el mundo de hoy[5].

De entre los diferentes tópicos referentes a las Energías Renovables y temas relacionados que integran el proyecto PROCOLER (Proyecto Colaborativo en Energías Renovables), en este trabajo, se presenta una propuesta para el aprendizaje de la energía de la biomasa.

La energía de la biomasa es una de las temáticas de las energías renovables sustitutivas de los combustibles fósiles de gran interés, tanto para estudiantes universitarios y de secundaria como para la formación de profesores. Puede decirse además que es una de las energías renovables más desconocidas por la población en general[6] y por muchos estudiantes, a pesar de ser la más tradicional, de enorme desarrollo tecnológico, y con cierto éxito en varios países. En esta temática la educación ambiental[7] también juega un papel clave; su enseñanza debe ayudar a que los estudiantes adquieran no solo conocimientos científicos, sino que además se sensibilicen ante la necesidad del desarrollo de las energías renovables y los usos energéticos responsables. La biomasa se presta para ser abordada en todos los niveles de educación[8, 9], este trabajo se centra en el nivel básico y secundario. La energía de la biomasa (materia orgánica), se puede usar directamente como combustible, o convertida en biogás o biodiésel; se considera una energía cuya combustión produce contaminación y, por lo tanto, no es limpia.

---

[1] ARIAS ÁVILA, N. y TRICIO GÓMEZ, V. (2013), *Cartilla para la enseñanza de las energías renovable*s. Burgos, Servicio de Publicaciones Universidad de Burgos, pp. 50-57.

[2] CARTILLA EDUCACIÓN ENERGÉTICA (2006), [en línea], disponible en: www.managenergy.net/download/education2005/05-0001-ES.pdf [consultado el 15/02/2016].

[3] VILCHES, A.; GIL, D.; TOSCANO, J. y MACÍAS, O. (2009). Cambio climático: una innegable y preocupante realidad *OEI*, [en línea], disponible en: http://www.oei.es/decada/accion17.htm [consultado el 18/02/2016].

[4] JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN (2008). *Cuadernos de Medio Ambiente*. Valladolid, Talleres Gráficos Soler, 38 pp.

[5] ARIAS ÁVILA, N. y TRICIO GÓMEZ, V. (2015). Propuesta multidisciplinar y cooperativa: energías renovables en Secundaria. En *Actas del III Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza,* Madrid, GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., BARATAS DÍAZ, A. y BRANDI FERNÁNDEZ, A. (editores), pp. 35-41.

[6] PEDROCHE, A. (2010). Biomasa: qué es la biomasa, [en línea], disponible en: www.economiadelaenergia.com/2010/11/biomasa-que-es-la-biomasa/ [consultado el 18/02/2016].

[7] UNESCO, Manual de educación ambiental (s.f.), [en línea], disponible en: www.unescoetxea.org/ext/manual/html/portada.html [consultado el 22/02/2016].

[8] TRICIO GÓMEZ, V.; VILORIA RAYMUNDO, R. y ARIAS ÁVILA, N. (2013). Propuesta para la enseñanza de la biomasa. Una temática en educación de energías renovables. En *Proceedings of 7th WEEC*, pp. 769-780, [en línea], disponible en http://www.fm6e.org/bilanweec-2013/files/Niche9.pdf [consultado el 25/06/2016].

[9] SEBASTIÁN, F.; GARCÍA, D. y REZEAAU, A. (eds.) (2010). *Energía de la biomasa*. Zaragoza, Prensas universitarias de Zaragoza, 557 pp.

Se tomará como referente la experiencia docente obtenida de los contenidos científicos y actividades formativas en el nivel universitario y se propone implementarla en la secundaria siguiendo la metodología presentada en el proyecto citado, que permite integrar transversalmente buena parte de las asignaturas propias de los niveles básico y medio de educación.

## Experiencia de la temática en el nivel universitario

Se concreta este apartado en la experiencia adquirida en dos de las asignaturas que se ofrecen en las Universidades de Burgos y Distrital de Bogotá: una es Energías Alternativas (EA), en la Licenciatura en Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC) de Bogotá, Colombia; la segunda es Energías Renovables (ER), en el Grado de Química de la Universidad de Burgos (UBU), España. En ambas, la biomasa forma parte de las dos materias de estudio[10].

En la asignatura electiva EA se plantea como objetivo general crear las condiciones para que el futuro profesional de la Licenciatura en Física tenga la capacidad de visualizar los diversos contaminantes producto de la utilización de los variados recursos energéticos, y gestionar por el uso de aquellos recursos energéticos que estén acordes con un desarrollo sostenible y sustentable con su entorno natural. Son dos los objetivos específicos referidos a la biomasa: abordar el estudio de las diversas aplicaciones de la biomasa a sistemas energéticos utilizados generalmente en el área rural y algunas industrias alimenticias; y estudiar instalaciones de producción de biogás a baja, media y gran escala. Las principales actividades que se plantean y evalúan en dicha asignatura son informes de prácticas, informe de actividades propuestas a lo largo del curso, exposiciones de orden temático, trabajo de campo con su respectivo informe escrito, parciales escritos. En varios años se ha planteado, desde el inicio del curso, la realización de un trabajo individual (tipo proyecto), que debe ser no solo presentado en forma de artículo, sino sustentado. El trabajo puede ser de orden teórico o experimental y obviamente debe estar relacionado con las energías renovables.

Energías Renovables (ER) es una materia optativa y presencial, de carácter teórico-experimental, que se imparte en el 7.º semestre del Grado de Química. Destacamos los siguientes objetivos docentes generales que se plantean en este programa: saber describir los fundamentos científicos de las diversas fuentes de ER; comprender los métodos de conversión, utilización y aplicaciones actuales de las energías; generar en los estudiantes la capacidad de valorar la importancia de las energías sostenibles en el contexto industrial, económico, medioambiental y social; conocer y comparar las consecuencias y efectos sobre el medio ambiente de la utilización de las distintas energías, procurando el máximo aprovechamiento de los recursos naturales y la mínima generación de contaminantes; y comprender la necesidad de utilizar las energías con criterios de sostenibilidad.

La metodología de enseñanza-aprendizaje que se utiliza en ER y EA es muy similar. Además de clases expositivas y clases prácticas y seminarios, las principales actividades formativas comunes en ambas son la realización de trabajos e informes, exposiciones orales, tutorías y evaluación. Los contenidos formativos de la biomasa en las dos asignaturas descritas anteriormente se muestran en la *tabla 1*, de elaboración propia[11, 12].

[10] Tricio Gómez, V.; Arias Ávila, N. y Viloria Raymundo, R. *La biomasa: experiencia docente en energías renovables.* Pendiente de publicación.

[11] Universidad Distrital Francisco José de Caldas (s.f.). *Contenidos programáticos de la Licenciatura en Física.*

[12] Tricio Gómez, V. y Viloria Raymundo, R. (2012). *Guía Docente de la asignatura Energías Renovables*, UBU.

| Unidad | Bloque de contenidos |
|---|---|
| **Asignatura Energías Alternativas (EA)** | |
| 5. Biomasa | 5.1. Conceptos generales.<br>5.2. Estudio general de las aplicaciones de la biomasa.<br>5.3. Repercusiones ambientales de la biomasa.<br>5.4. Biomasa y acción comunitaria. |
| 8. Trabajo práctico | Birreactores anaerobios I.<br>Birreactores anaerobios II. |
| **Asignatura Energías Renovables (ER)** | |
| 3. Las energías renovables<br>3.7. Biomasa | 3.7.1. Origen y concepto de biomasa. Contribución de la biomasa al consumo de energía primaria.<br>3.7.2. Aprovechamiento energético de la biomasa. Combustión.<br>3.7.3. Los cultivos energéticos. Biocombustibles.<br>3.7.4. Digestión anaerobia.<br>3.7.5. Pirólisis y gasificación.<br>3.7.6. Impactos medioambientales del uso de la biomasa. |
| 4. Efectos medioambientales | Contaminación y ecosistemas.<br>Efectos ambientales de las distintas energías. |
| 5. Las experiencias | Experiencias y prácticas. |

*Tabla 1.* Biomasa en las asignaturas EA y ER.

Mediante actividades teóricas y prácticas se promueve una metodología activa y la capacitación de los alumnos en algunas competencias (aprendizaje autónomo y colectivo, gestión de la información, sensibilidad hacia temas medioambientales, capacidad de síntesis y comunicación oral). Se centra la atención en las actividades formativas desarrolladas como investigación orientada[13], para las que se ha preparado un conjunto de materiales didácticos interactivos sobre contenidos de la biomasa. Las actividades de investigación orientada (AIO) y su metodología docente se presentan a los alumnos al comienzo del curso, informando previamente del número de horas presenciales y de trabajo autónomo.

En la *tabla 2*, de elaboración propia, se muestran algunas de las actividades formativas realizadas, que incluyen visitas y proyectos, seleccionados de los cursos recientemente dictados. Cada actividad fundamentada en la investigación orientada (IO) incluye varios apartados generales que se han de cumplimentar y evaluar, entre los que cabe resaltar: objetivos formativos, fuentes documentales, introducción al tema seleccionado, metodología a seguir en la actividad, equipos, registro y tratamiento de datos experimentales, conclusiones y valoración de la actividad realizada en relación con los objetivos.

La experiencia de esta metodología ha resultado satisfactoria. Las AIO han incorporado una serie de tareas que han sido desarrolladas tanto en el aula o laboratorio como fuera de ellos, promoviendo iniciativas individuales y colectivas, en las que el profesor ha actuado como guía durante el seguimiento de las entregas intermedias. Como resultado de su aprendizaje, el estudiante debe elaborar una memoria escrita y realizar una presentación oral, que es evaluada por el profesor y también valorada por los demás

[13] SANDOVAL, M. y MORA, C. (2011). La investigación orientada en el nivel superior para la enseñanza del campo eléctrico. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 5(3), pp. 590-596.

estudiantes del curso. En la encuesta de satisfacción, los estudiantes han mostrado una alta valoración a estas actividades dentro de la temática de la biomasa en las asignaturas mencionadas EA y ER. Ello invita a mantener, adecuar y mejorar esta manera de proceder e implementarla en cursos de los niveles básico y medio de educación.

| Tipo de actividad | Título |
|---|---|
| Proyecto teórico | • Tecnologías y procesos para la producción de biodiésel a partir de biomasa.<br>• Biomasa: origen y energía de la biomasa.<br>• Cultivos energéticos como fuentes de biomasa.<br>• Biocombustibles de segunda generación. |
| Proyecto experimental | • Herramienta web de cálculo de recursos de biomasa.<br>• La biomasa en España (y en Castilla y León).<br>• Desarrollo de la biomasa en otros países. |
| Proyecto aplicado | • Aprovechamiento energético de la biomasa forestal.<br>• Evolución de la producción de biodiésel. |
| Visita programada | • Visita a Biocom Pisuerga (Castrojeriz).<br>• Visita a planta de pellets en Castilla y León. |
| Proyecto semiexperimental | • Estudio de las plantas de pellets a partir de mapas (mapa de las plantas de pellets en España. Elaborado por AVEBIOM). |

*Tabla 2.* Actividades de investigación orientada.

## Implementación de la temática en el contexto del proyecto PROCOLER

Partiendo de la importancia de enseñar energías renovables y temas relacionados, particularmente en los niveles básico y medio de educación, las universidades Distrital de Bogotá (UDFJC) y de Burgos (UBU), dentro de un convenio interinstitucional, han formulado el PROCOLER (Proyecto Colaborativo en Energías Renovables)[14]. La intención principal de dicho proyecto es brindar al profesorado de educación básica y media una herramienta que, a modo de guía de orientación y apoyo, le ayude en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ER y de algunos temas relacionados y fomente la cooperación entre educadores. El proyecto se fundamenta en el libro: Cartilla para la enseñanza de las Energías Renovables (CEER) publicado en la UBU[15].

El objetivo general es evaluar las temáticas, estructura y metodologías propuestas en la CEER, por medio de su implementación, en colegios de Bogotá y Burgos. Los objetivos específicos planteados en el citado proyecto son: revisar los planes curriculares de dichos colegios, en lo referente a las ER y temas afines; implementar la metodología planteada en la CEER, que involucra a la mayoría de las asignaturas, de manera transversal; elaborar materiales, por parte de los integrantes de los colegios; crear y mantener un sitio web centrado en la enseñanza y difusión de las ER y temas relacionados en los niveles básico

[14] Arias Ávila, N. y Tricio Gómez, V. (2015). Enseñando energías renovables con un proyecto colaborativo. En *Libro de Resúmenes de XXXV Bienal de Física, Simposio 25.º Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física*, Editorial RSEF, pp. 560-561.

[15] Arias Ávila, N. y Tricio Gómez, V. (2013). *Cartilla para la enseñanza de las energías renovable*s. Burgos, Servicio de Publicaciones Universidad de Burgos, 148 p. Información, [en línea], disponible en: www.e-libro.net/libros/libro.aspx?idlibro=12741 [consultado el 15/02/2016].

y medio de educación; vincular a estudiantes de pregrado y posgrado (maestría) al proyecto; revisar y actualizar la CEER, de acuerdo a los resultados de proyecto; y posibilitar la ampliación del proyecto a otras ciudades.

En los apartados que siguen se describen sucintamente algunos de los componentes de la estructura general de la CEER: resumen científico-técnico, actividades y fichas relacionados con la biomasa.

## 1. Resumen científico-técnico

Se sugiere que el profesor presente, de acuerdo a las particularidades y niveles del grupo de alumnos, las generalidades y las características de esta fuente de energía, a modo de un resumen científico-técnico sobre la temática, siguiendo la orientación didáctica ya explicada por los autores[16]. Si bien existen diversas definiciones de biomasa, desde el punto de vista energético se considera que es cualquier materia orgánica obtenida en un proceso biológico. Esta materia prima vegetal o residual utilizable con fines energéticos, se suele clasificar en «biomasa tradicional» (leña, paja…) y «biomasa moderna» (cultivos energéticos, biocombustibles, biogás…). El valor energético de la biomasa proviene del sol a través del proceso de fotosíntesis, que consiste en la conversión de materia inorgánica en orgánica mediante la energía de la luz solar, dando como resultado el almacenamiento de energía en plantas y animales (que se alimentan de plantas u otros animales), o en los desechos que estos producen. *Fotosíntesis* es un término casi exclusivo del ámbito de la Biología, de manera más general se habla de conversión fotobiológica. Entre los tipos de biomasa se pueden destacar: residuos forestales (madera, resinas…), residuos agrícola-herbáceos y leñosos (paja, cañote…), residuos de industrias forestales y agrícolas (aserrín, huesos, cáscaras…), cultivos energéticos de especies vegetales destinados a ello y, finalmente, otros tipos de biomasa como la materia orgánica de la basura doméstica.

Este «sector» energético presenta la característica de la heterogeneidad tanto en el origen de la biomasa como en su forma de aprovechamiento, es posible encontrar desde pequeñas estufas domésticas hasta centrales térmicas (incluyendo las que generan electricidad), plantas productoras de biodiésel y bioetanol, y plantas de biogás de diversos tamaños y para diferentes usos[17]. Aunque no existe una clasificación unificada de estos recursos habitualmente se dividen en tres grupos: sólidos, líquidos y gaseosos. Al tercer grupo pertenece el biogás, producido en biodigestores, el cual se obtiene por medio de la llamada digestión anaeróbica (o pirólisis) de residuos orgánicos (estiércol, orina, aguas residuales, etc.), este proceso consiste en la descomposición de los residuos por medio de microorganismos sin presencia de oxígeno, obteniéndose diversos gases, de los cuales el principal es el metano.

En los contenidos de la biomasa, es pertinente informar de su impacto medioambiental en el que las opiniones son diversas:

Por una parte se considera que el $CO_2$ producido en los procesos de aprovechamiento, como por ejemplo la combustión, «simplemente» restituye a la atmósfera el absorbido durante el crecimiento de la planta, manteniendo su cantidad constante, siempre y cuando se haga de manera sostenible, es decir, si se mantiene la «capacidad de carga» del territorio, o dicho de otra forma, si existe un equilibrio dinámico entre la biomasa empleada para la producción de energía y su reposición.

Pero en los procesos industriales no es fácil lograr dicho equilibrio; además es necesario tener en cuenta las emisiones, producto del –por ahora– inevitable uso de otras fuentes energéticas indispensables para la obtención de la biomasa (producción y empleo de maquinaria agrícola, fertilizantes, transporte, etc.).

---

[16] ARIAS ÁVILA, N. y TRICIO GÓMEZ, V. (2013), p. 54.

[17] INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS (s.f.). *Plantas de Biogás. Diseño, construcción y operación.* Bogotá, Editora Guadalupe, 94 pp.

## 2. Actividades relacionadas con la biomasa

Con el objeto de orientar al docente en diferentes actividades y metodologías, este trabajo se centra en el aprendizaje por medio de «proyectos» que pueden ser desarrollados en el aula de clase, pero también fuera de ella, tratando de motivar al estudiante y animando a su participación directa[18]. Dentro de estos 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 la biomasa para su funcionamiento. Para la biomasa se ha preferido la información virtual; son varios los sitios web en que se ilustra paso a paso cómo plantear y desarrollar experimentos sencillos y cómo construir diversos «dispositivos» de bajo costo; el profesor puede presentar a manera de ilustración el resumen de algunos de dichos procedimientos (con pequeñas modificaciones en ciertos casos), y las referencias generales de donde fueron tomados para que se pueda ampliar esta información.

### Construcción de dispositivos

Con esta actividad se brinda al estudiante un espacio donde pueda afianzar sus conocimientos previos y adquirir algunos nuevos, a partir del análisis de los procesos de construcción de diferentes dispositivos (así como de experimentos con ellos), involucrando los fundamentos teóricos estudiados en las diferentes asignaturas, y las lecturas complementarias sugeridas por el profesor.

Según lo dicho, el estudiante (o grupo de estudiantes) deberá no solamente construir el dispositivo en cuestión, sino desarrollar con él ciertas mediciones (cuando ello sea posible), y hacer los análisis, comentarios y demás actividades que previamente se hayan planteado. Por ejemplo, se puede proponer la construcción de un biodigestor. Son varios los diseños y procedimientos que se encuentran para la construcción de dispositivos de bajo costo. Los pasos principales a seguir se pueden encontrar en[19], donde, además de otras referencias web, también se encuentran algunas recomendaciones relativas a la calidad de mezcla y a la seguridad en el control del gas metano producido.

### Laboratorios

Otra de las actividades de carácter práctico que puede desarrollarse dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de la biomasa y temas relacionados es la referente a sesiones de laboratorio, experimentos en general, así como actividades que pueden desarrollarse empleando los dispositivos caseros propuestos en el apartado anterior[20]. Para facilitar su descripción todas se han denominado con el nombre genérico de *laboratorios*, aunque pueden ser diferentes sus particularidades y alcance. Será creatividad del docente en cada situación particular formular los objetivos iniciales para que el estudiante (o grupo de ellos) plantee un «proyecto» concreto a desarrollar en cada caso.

Para cada laboratorio se proponen, a manera de sugerencia, ciertos pasos en forma de preguntas generales, en este caso para las actividades de laboratorio relacionadas con el dispositivo casero del biodigestor. También pueden estar relacionadas con otros contenidos, por ejemplo, la fotosíntesis[21].

*¿Qué se busca?* Describir el funcionamiento básico del dispositivo construido (biodigestor) y realizar algunas experiencias de carácter cualitativo.

---

[18] Arias Ávila, N. y Tricio Gómez, V. (2013), p. 67.

[19] Arias Ávila, N. y Tricio Gómez, V. (2013), p. 83.

[20] Arias Ávila, N. y Tricio Gómez, V. (2013), p. 97.

[21] Soto Hernández, M. Práctica de laboratorio: La fotosíntesis, [en línea], disponible en: http://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa2/n1/p1.html [consultado el 5/02/2016].

*Materiales básicos*. Los detallados para la construcción del biodigestor, con las diferentes variantes de acuerdo a las posibilidades de cada grupo en concreto. Además de instrumentos de medición de diversas magnitudes físicas como temperatura, masa, volumen y, a ser posible, presión.

*¿Qué hacer?* Dependerá de las posibilidades y los materiales que cada alumno, grupo o institución puedan conseguir, y del nivel de los estudiantes en cada caso concreto. Una de las cosas que puede hacerse es construir varios tipos de biodigestores, con diferentes materiales y observar las similitudes y diferencias en su funcionamiento.

*¿Qué y cómo medir?* Son varias las cosas que se pueden hacer, pero dependerá de los instrumentos de medición que estén disponibles.

*Para los cálculos*. Si se tienen algunos elementos para realizar mediciones es posible hacer algunos sencillos cálculos numéricos, de lo contrario la práctica será fundamentalmente cualitativa.

Algunas prácticas que se pueden proponer son fotosíntesis, nutrientes en los suelos, efectos de los fertilizantes en los suelos, la cadena trófica (Biología); obtención de metano, componentes químicos nocivos de los suelos, ósmosis, componentes orgánicos e inorgánicos de los residuos sólidos (Química). Experimentos diversos con longitudes de onda, absorción de la luz, fenómenos de difusión, energía de la luz (Física).

## 3. FICHAS

Se ha mencionado que la idea preponderante es la necesidad de un enfoque multidisciplinar y transversal que, entre otras cosas, permita a los estudiantes comprender más completa e integradamente las bases conceptuales de la energía de la biomasa y su uso, desde la óptica de las diferentes asignaturas.

Como una forma de implementar las actividades mencionadas en los numerales 1 y 2, se propone un modelo de ficha que se espera sea una herramienta útil que facilite y complemente la labor del docente en la enseñanza de la biomasa. Obviamente es un material que se deberá adaptar a los diferentes niveles, y a las condiciones propias de cada centro educativo. La ficha podrá desarrollarse dentro de casi cualquier asignatura. Por ello los contenidos propuestos son generales y las actividades básicas contempladas están al alcance de la mayoría de centros docentes.

La ficha es una propuesta básica para el docente (o grupo de docentes), quien deberá, entre otras cosas, actualizar la bibliografía con materiales de fácil consecución por parte de los alumnos. El esquema general de la ficha[22] para la biomasa está descrito en la CEER, también los tópicos siguientes: *Temática*, *Enfoques desde diferentes disciplinas, Hacerlo en clase* y *Lecturas complementarias*. Un listado de asignaturas con los principales conceptos necesarios para el entendimiento de la temática biomasa se muestra en la *tabla 3*, de elaboración propia.

En la medida de lo posible se sugiere realizar reuniones entre los profesores de las diferentes asignaturas involucradas en la temática biomasa, para coordinar todas las actividades propuestas.

## ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO PROCOLER

El PROCOLER se está implementando en algunos colegios de Bogotá y de Burgos, en niveles básico y medio de enseñanza (Secundaria), con un número variable de participantes, y metodología investigación-acción, con diferentes actividades desarrolladas en la temática de biomasa[23].

---

[22] ARIAS ÁVILA, N. y TRICIO GÓMEZ, V. (2013), p. 123.

[23] TRICIO GÓMEZ, V. y ARIAS ÁVILA, N. (2016). *Proyecto Colaborativo en Energías Renovables – PROCOLER. Presentación y resultados iniciales de esta propuesta en educación científica*. IX Congreso Internacional de Didácticas de las Ciencias y XIV Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Física, La Habana, 28-31, III.

| |
|---|
| • Química.–Reacciones químicas, combustión, obtención de gases, reacciones anaeróbicas, carbón, $CO_2$, metano, contaminación química de los suelos, biogás. |
| • Ciencia, Tecnología y Sociedad.–Evolución de las sociedades, tecnologías agrícolas, globalización de la producción de alimentos, alimentos transgénicos. Aplicaciones industriales de la Biología, el problema de los residuos y sus posibles soluciones, calderas de biomasa, la huella ecológica como indicador ambiental, potencial en biomasa de residuos agrícolas y forestales. |
| • Lengua castellana/idioma extranjero.–Redacción y análisis lingüístico de artículos sobre la temática biomasa. |
| • Ubicar históricamente descubrimientos (leyes), y aplicaciones de los principios que «rigen» el empleo de la biomasa. Personajes, contexto y situaciones históricas. |
| • Biología.–Plantas, fotosíntesis, ecosistema, biocombustible, ciclo del carbono, producción biológica de metano, recursos agrícolas y forestales. |
| • Geografía e Historia.–Clima, vegetación, relieve, el suelo como recurso. |
| • Física.–Energía, calor, temperatura, gases, Sol, radiación solar, luz, electricidad, temperatura de la superficie terrestre, central termoeléctrica con biomasa. |

*Tabla 3.* Asignaturas y principales conceptos.

Se han realizado talleres y presentaciones sobre biomasa con los alumnos (secado del combustible, compost) (ver la *tabla 4* donde se muestran algunos de ellos) y se han elaborado materiales didácticos en la temática mencionada (ver la *tabla 5* donde se muestran algunos de ellos).

En particular en el colegio Marco Antonio Carreño Silva (Bogotá), bajo la orientación de una de las docentes y la participación de dos alumnas graduandas, se han desarrollado diferentes actividades con estudiantes de grado noveno[24]. Algo similar se ha realizado en el Colegio San Pedro y San Felices (Burgos) bajo la orientación de una de sus docentes.

## Conclusiones

A manera de conclusiones, podemos mencionar las siguientes:

- La propuesta no implica necesariamente el aumento de horas en las diferentes asignaturas; sugiere la creación de grupos de interés para complementar las temáticas. 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. 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 el entorno del estudiante; analiza situaciones cotidianas; desarrolla prácticas para el aprendizaje activo. Fomenta la cooperación académica entre educadores.
- La propuesta presenta un enfoque multi e interdisciplinar sobre la biomasa, como guía para el docente, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las energías renovables en general y temas relacionados, en la educación media.
- Los profesores han acogido con bastante interés la información sobre el proyecto y han manifestado inicialmente deseos de participar en su implementación. Sin embargo, presentan ciertas reticencias

[24] Mayorga Buchelly, J. y Ortega Vásquez, J. (2016). *Implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza de las energías renovables*. IX Congreso Internacional de Didácticas de las Ciencias y XIV Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Física, La Habana, ECDS-001.

respecto al aumento de tiempo de trabajo que supone dicha participación. Manifiestan sus dificultades para la implementación en el aula de actividades colaborativas con otros profesores de diferentes asignaturas o materias y varios docentes refieren la falta de preocupación por parte de los padres sobre el medio ambiente y la indiferencia de algunos de sus colegas referente a la enseñanza de las ER.

NOTA FINAL: Se espera que este trabajo sea una contribución a la *Década de la Energía Sostenible para Todos (2014-2024)*, una iniciativa de la ONU cuyo objetivo es promover las energías renovables y la eficiencia energética en todo el mundo[25].

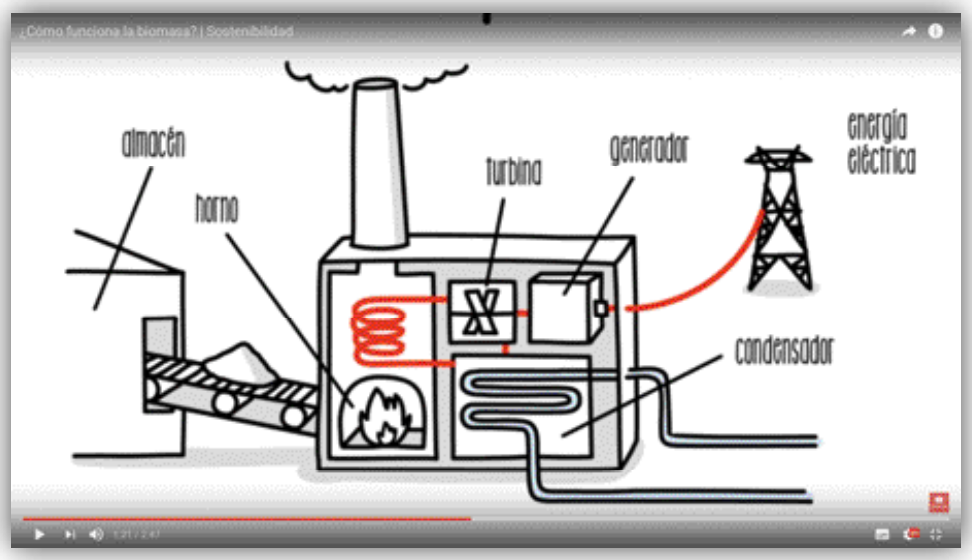
| ¿Cómo funciona? |
|---|
| • Central eléctrica de biomasa (presentación del profesor en ppt tomando como fuente algunos vídeos didácticos[26]).<br><br> |
| **Talleres alumnos** |
| Secado de combustibles (con la participación activa de los estudiantes).<br>• Objetivo: reducir el contenido de humedad en el combustible para mejorar la eficiencia de la combustión.<br>• Metodología: aprendizaje activo, en grupo (4-6 alumnos). Los grupos de trabajo aportan los materiales de biomasa. Previo a la experimentación se realizará la selección de los materiales en muestras aptas.<br>• Procedimiento: se realizan medidas experimentales con diferentes muestras pequeñas de biomasa, empleando diferentes mecanismos de secado: prensado mecánico, secado al aire, empleo de secadores de aire caliente, o combinando los tres procedimientos. Deberá cuidarse que las condiciones de experimentación sean las mismas para evitar influencias no controladas.<br>• Materiales: muestras problema, prensa manual, secador de pelo, termómetro, balanza. Parámetros a medir: tiempo de experimentación, masa, volumen, temperatura.<br>• Determinaciones: medición del contenido de humedad por gravimetría, en varios tiempos: inicial, intermedio y final del experimento.<br>• Resultados: se expresarán en tablas y gráficos. |

*Tabla 4.* Presentaciones y talleres con los alumnos.

[25] Energías Renovables, [en línea], disponible en: www.energias-renovables.com/articulo/la-onu-lanza-la-decada-de-la-20140411 [consultado el 5/02/2016].

[26] ¿Cómo funciona la biomasa?, [en línea], disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=F2z1w9Xho44 [consultado el 15/08/2016].

| Cuestionario para alumnos |
|---|
| Algunas preguntas formuladas (cuyas respuestas deben ser razonadas).<br>• ¿Qué es la biomasa?<br>• ¿Qué usos energéticos tiene la biomasa (leña, paja, carbón)?<br>• El valor energético de la biomasa proviene del sol a través de un proceso llamado fotosíntesis, ¿qué características reconoces de ese proceso?<br>• ¿Qué entiendes por ciclo del carbono?<br>• ¿Sabes cómo funciona un biodigestor?<br>• ¿Crees que el uso de esta fuente energética ha sido empleado por el ser humano antes del uso de los combustibles fósiles?<br>• ¿Cuáles crees que pueden ser las desventajas ambientales de esta fuente de energía?<br>• ¿Cómo se puede obtener materia orgánica para ser aprovechada como fuente de energía desde nuestro hogar? |
| **Referencias web para alumnos** |
| Algunas direcciones URL (los alumnos deberán hacer un breve resumen de la información que se describe en cada una).<br>• *https://www.youtube.com/watch?v=s6OjgzC8IBQ&nohtml5=False*<br>• *http://www.plantasdebiomasa.net/index.php/que-es-la-biomasa*<br>• *http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2006/05/22/152178.php*<br>• *http://tiendabiomasa.com/biomasa/*<br>• *https://www.youtube.com/watch?v=F2z1w9Xho44&nohtml5=False*<br>• *https://www.youtube.com/watch?v=A_1n3h9n-a0&nohtml5=False*<br>• *http://www.unionporlabiomasa.org/pdf/ABC03082012.pdf* |

*Tabla 5.* Materiales didácticos y actividades con los alumnos.

# Burbujas de $CO_2$ para aprender química: una propuesta didáctica basada en la indagación

María Elena Charro, Esther Charro-Huerga

*Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación y Trabajo Social. Universidad de Valladolid. Campus Universitario Miguel Delibes. Paseo Belén, 1 - 47011 Valladolid (España)*
echarro@dce.uva.es

**Palabras clave:** Química, solubilidad, enseñanza-aprendizaje por indagación.

**Keywords:** Chemistry, solubility, IBSE strategies.

**Resumen**

En este trabajo se presenta una propuesta didáctica desarrollada por el grupo español de PROFILES, cuyo título es: «El gas que bebemos». Las competencias a desarrollar son procedimientos científicos, destrezas manipulativas, comprensión de conceptos, aplicación y desarrollos teóricos, destrezas de comunicación y habilidades de trabajo cooperativo. Los contenidos curriculares están relacionados con la Química, y concretamente con la solubilidad en agua. Siguiendo el «modelo de tres fases» de la estrategia de indagación, los estudiantes han de proponer una investigación a fin de identificar cuáles son los principales factores que determinan la solubilidad.

**Abstract**

In this work, a new module, developed by the PROFILES Spanish group entitled «*the gas we drink*» is proposed. The competences involved were: investigative skills, manipulative skills, cooperative-work skills, concept understanding, theory development and application, experimental-error analysis, and communication skills. The curriculum contents are related with Chemistry, and in particular with the study of the solubility in water. Following the three-stage model of the inquiry strategy, students have to plan an investigation in order to identify which are the main factors affecting solubility.

## Introducción

Son numerosos los estudios que reflejan los bajos resultados de los estudiantes españoles en materias de ciencias, como se puede comprobar en los Informes PISA (OECD 2008[1], Bybee *et al.,* 2009[2]), lo que demuestra la necesidad de modificar las estrategias de enseñanza en nuestros centros escolares

[1] OECD (2008). *Informe PISA 2006: Competencias científicas para el mundo del mañana*, OECD.

[2] Bybee, R. W.; McCrae, B. y Laurie, R. (2009). PISA 2006 An assessment of Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), pp. 865-886.

(Scott *et al.,* 1991[3], Duit & Treagust 2003[4]). Fensham (2009[5]), dice que el objetivo prioritario de la enseñanza y del aprendizaje de las ciencias debe ser promover una actitud positiva en los estudiantes hacia la ciencia escolar, que mantenga la curiosidad y mejore la motivación con el fin de generar apego y vinculación hacia la educación científica, no solo durante la época escolar, sino también a lo largo de toda la vida. Para ello es necesario llevar al estudiante a la indagación de los fenómenos, de los hechos y de las teorías, entre otros; que le permita realizar observaciones, hacer preguntas, revisar diferentes fuentes de información, contrastar con lo que ya sabe, analizar e interpretar datos, formular respuestas, dar explicaciones y llegar a conclusiones. Como dicen Posse *et al.,* (2004[6]), esa curiosidad, ese afán de conocimiento, ese deseo de comprender es la premisa inicial, en cualquier persona, para todo proceso de aprendizaje, lo que lleva a los estudiantes a reclamar una forma diferente de aprender las ciencias, por lo que es necesario desarrollarla de manera que satisfaga e incremente ese afán de conocimiento e investigación, principio básico del aprendizaje para mantenerlo a lo largo de la vida.

Los estudios que relacionan Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) constituyen un importante campo de trabajo en los ámbitos de la investigación académica y la educación (Membiela y Padilla, 2005[7]). En los últimos años gran cantidad de trabajos, artículos y revisiones bibliográficas publicadas (San Valero y Solbes, 1995[8]) dan cuenta de ello. En concreto, numerosas investigaciones han puesto de manifiesto las problemáticas existentes (Aikenhead, 1985[9], 1987[10], 1988[11], Fleming, 1988[12], Hodson, 1992[13], Solomon, 1993[14], Caamaño, 1995[15], Solbes y Vilches, 1997[16]) y reflejan la necesidad de implicar a los docentes en los procesos de cambio (Gil *et al.,* 1998[17]). En este sentido, han surgido numerosos proyectos en relación con la formación secundaria que

---

[3] Scott, P. H.; Asoko, H. M. y Driver, R. H. (1991). Teaching for Conceptual Change: a Review of Strategies. In R. Duit, F. Goldberg, H. Niederer (eds.), Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. *Proceedings of an International Workshop*.

[4] Duit, R. y Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25 (6), pp. 671-688.

[5] Fensham, P. J. (2009). Real World Contexts in PISA Science: Implications for Context-Based Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), pp. 884-896.

[6] Posse, P. y Castillo, D. y Páramo, E. (2004). El método como curiosidad. *Cuadernos de Pedagogía*, vol. 340, pp. 60-63.

[7] Membiela, P. y Padilla, Y. (eds.) (2005). *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo xxi*. Educación Editora.

[8] San Valero, C. y Solbes, J., (1995). Bibliografía. CTS. *Alambique* 3, pp. 69-72.

[9] Aikenhead, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education,* 69, pp. 453-475.

[10] Aikenhead, G. S. (1987). High-School graduates' beliefs about Science-Technology-Society.III. Characteristics and limitations of scientific knowledge. *Science Education* 71, (4), pp. 459-487.

[11] Aikenhead, G. S. (1988). An analysis of Four Ways of Assessing Student Beliefs about STS Topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (8), pp. 607-624.

[12] Fleming, R. (1988). Undergraduate science students' views on the relationship between Science, Technology and Society. *International Journal of Science Education*, 10 (4), pp. 449-463.

[13] Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14 (5), pp. 541-562.

[14] Solomon, J. (1993). Teaching Science, Technology & Society. Buckingham, Open University Press.

[15] Caamaño, A. (1995). La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo currículum de Ciencias. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 3, 4-6.

[16] Solbes, J. y Vilches, A. (1997). STS Interactions and the Teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81, pp. 377-386.

[17] Gil, D.; Furió, C. y Gavidia, V. (1998). El profesorado y la reforma educativa en España. *Investigación en la Escuela*, 36.

tratan de adoptar un enfoque social en la enseñanza de las ciencias (Sanmartín *et al.,* 1992[18]). Entre estos proyectos se encuentra el proyecto europeo PROFILES (*Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science*, Bolte *et al.,* 2011[19]) que pretende que el aprendizaje de las asignaturas de ciencias, por parte de los alumnos de Secundaria, sea interesante, relevante y significativo. Asimismo, el proyecto involucra a los alumnos en el desarrollo de las competencias educativas durante todo el proceso del aprendizaje, a través de un enfoque de aprendizaje basado en la indagación. Se da mucha importancia a que los profesores puedan encontrar formas para aumentar la motivación de los estudiantes en lo que al aprendizaje de ciencias se refiere; tanto motivación intrínseca (relevancia, significación, importancia, desde el punto de vista de los estudiantes) como motivación extrínseca (estímulo del profesor, ambiente en el aula y refuerzo del aprendizaje). Dicha motivación no surge porque el profesor se base en un enfoque de aprendizaje motivacional, sino que la motivación va a surgir de los propios estudiantes, quienes quieren saber más.

Para que se produzca aprendizaje significativo es imprescindible que el alumno participe en su aprendizaje (Gowin, 1981[20]), y el modelo de alumno, apático y poco receptivo, hace que esto sea muy difícil de conseguir. Para Ausubel *et al.,* (1983[21]) existen diferentes tipos de aprendizaje: repetitivo, significativo, por descubrimiento y por recepción, aunque es el aprendizaje significativo el que va a provocar que el alumno aprenda a aprender. El aprendizaje significativo exige la intervención del que aprende. Se produce cuando el alumno relaciona los nuevos contenidos aprendidos con aspectos ya existentes en su estructura cognitiva. Para que esto se produzca se ha de tener en cuenta lo que el alumno ya sabe y hay que fomentar que los nuevos conocimientos interactúen con los que ya tiene el alumno previamente. Para conseguir que los alumnos desarrollen su aprendizaje significativamente y aprendan a aprender, no solo hay que considerar el tipo de aprendizaje que el alumno lleva a cabo, sino que es imprescindible tener en cuenta la manera en la que se produce «la enseñanza».

La estrategia de enseñanza-aprendizaje por indagación se basa en el propio método científico. Los científicos usan su conocimiento de los principios, conceptos y teorías, junto con las habilidades propias del proceso científico para construir nuevas explicaciones para que se pueda comprender el mundo natural; y esto se conoce como «indagación científica» (Ministrell y ZEE 2000[22]). La relevancia de este tipo de estrategia se pone de manifiesto ante los numerosos y recientes estudios acerca de la enseñanza por indagación (Bell *et al.,* 2010[23], Mayer 2004[24], Furtak y Seidel 2007[25], Kirschner *et al.,* 2006[26]).

---

[18] SANMARTIN, J.; CUTCLIFFE, S. H.; GOLDMAN, S. L. y MEDINA, M. (1992). *Estudios sobre sociedad y tecnología*. Anthropos, Barcelona.

[19] BOLTE, C.; STRELLER, S.; HOLBROK J.; RANNIKMEA, M.; MAMLOK NAAMAN, R.; HOFSTEIN, A. y RAUCH, F. (2011). PROFILES – Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science. *Proceedings International conference ESERA.*

[20] GOWIN, D. B. (1981). *Educating*. Ithaca, New York,Cornell University Press.

[21] AUSUBEL,D. P., NOVAK, J. D, HANESAN, H. (1983). Psicología Educativa: un punto de vista cognitivo. 2.ª ed. México. Trillas.

[22] MINSTRELLL, J. y ZEE, E. H. (2000). *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. Washington DC,AAAS.

[23] BELL, T.; URHANHE, D.; SCHANZE, S. y PLOETZNER, R. (2010). Collaborative inquiry learning: Models, tools, and challenges. *International Journal of Science Education*, 3(1), pp. 349-377.

[24] MAYER, R. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59 (1): pp. 14-19.

[25] FURTAK, E. y SEIDEL, T. (2007). Recent experimental studies of inquiry-based teaching: a conceptual review and meta-analysis. In *The National Association of Research in Science Teaching Conference.* Baltimore, Maryland.

[26] KIRSCHNER, P. A.; SWELLER, J. y CLARK, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist,* 41 (2): pp. 75-86.

Una forma de lograr un aprendizaje significativo sería, por tanto, el uso del aprendizaje incidental, contextualizado, donde las ciencias se aprenden al tratar de resolver problemas de otras áreas. Pero, por otra parte, como el proceso enseñanza-aprendizaje es una actividad social, donde tienen lugar diversas interacciones (entre el profesor y los alumnos, entre los mismos alumnos, etc.), el profesor debe guiar el aprendizaje a fin de inducir la formación tal como lo sugiere Gadanidis (1994[27]), las actividades que se planteen en la clase deberían ofrecer al alumno la oportunidad de especular, explorar, criticar, justificar, permitir que el alumno experimente procesos cognitivos de nivel alto, alentar al alumno al discurso, a explicar y justificar su comprensión, permitir el trabajo con otros para que puedan comunicar sus ideas, puedan escuchar las ideas de otros y darles sentido, y permitir que los alumnos reconozcan la importancia de comunicar claramente lo que saben, de enfocar las situaciones en varias perspectivas, de justificar lo que uno sabe y de juzgar su calidad.

## VALOR DIDÁCTICO DE LA EXPERIENCIA

Con esta experiencia se persigue promover la competencia científica de los estudiantes mediante el reconocimiento científico de aprendizaje en cuatro ámbitos: a) el desarrollo intelectual; b) el proceso científico; c) el desarrollo personal y d) el desarrollo social.

El enfoque novedoso que se presenta está ligado al hecho de presentar los conocimientos teóricos en relación a su aplicabilidad, para contribuir a la motivación del alumnado y mostrar la presencia de fenómenos químicos en la vida real. Esta singularidad está reflejada en: a) un título relacionado con la sociedad y basado en hechos reales; b) el estudio centrado en la resolución de problemas científicos, que abarca el aprendizaje de una serie de objetivos educativos y científicos, y c) la inclusión de toma de decisiones sociocientíficas para relacionar la ciencia con las necesidades de la sociedad, para ser así ciudadanos responsables.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EXPERIENCIA

Esta experiencia ha sido creada y adaptada como nuevo material didáctico basado en la enseñanza por indagación para la difusión y relevancia de la educación en ciencias experimentales dentro del proyecto PROFILES. La propuesta didáctica sigue el «modelo de tres fases o etapas»:

**Etapa 1:** Presentamos y analizamos el escenario social (por ejemplo, un tema social que comporte un aspecto científico). Más tarde, hacemos que los alumnos sean conscientes de su falta de comprensión de la materia científica, y además, les ayudamos a que lo manifiesten mediante preguntas científicas, adecuadas para la subsiguiente investigación.

**Etapa 2:** Investigación basada en la indagación (la adquisición de la evidencia puede conseguirse a través de la bibliografía, empíricamente o mediante una mezcla de ambas) que lleve a resolver la cuestión científica (esta es la etapa más importante tanto por el tiempo que conlleva, como por formar parte de un currículo basado en el contexto o de un currículo basado en el contenido).

**Etapa 3:** Etapa clave para consolidar el aprendizaje científico. Se tienen en cuenta los datos observados y las hipótesis formuladas de forma que pueda aplicarse al escenario inicial y utilizar la materia científica aprendida para debatir o argumentar, así como para tomar decisiones sociocientíficas si fuera el caso.

Esta experiencia está enfocada a la ESO e involucra conceptos de química. Se trabaja sobre los conte-

[27] GADANIDIS, G. (1994). Deconstructing Constructivism. *The Mathematics Teacher*, 87, n.º 2, 91-94.

nidos curriculares que están relacionados con el estudio de los gases y su solubilidad en líquidos (ley de Henry), así como la solubilidad de los sólidos y los factores que influyen.

El tipo de actividades que se proponen en esta experiencia son:

i) Indagación y recogida de información recurriendo a diferentes fuentes.

ii) Elaboración de tablas y gráficas.

iii) Destrezas manipulativas necesarias para trabajar en el laboratorio.

iv) Trabajo colaborativo y razonamiento crítico para la discusión.

## DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

El módulo «el gas que bebemos» se inicia planteando un escenario. El «escenario» propuesto es el consumo de refrescos sobre todo entre los jóvenes. El consumo de refrescos es un hábito establecido y su consumo mueve grandes intereses económicos y su industria invierte grandes cantidades de dinero en publicidad para incitar a su consumo. La experiencia conlleva varias actividades que han de proponerse secuencialmente y que pueden distribuirse en 3 sesiones de 50 minutos cada una.

## DESCRIPCIÓN DE LA SESIÓN 1

El profesor empieza con una discusión con toda la clase acerca del consumo de los refrescos con gas, y qué gas forma esas burbujas, por qué las burbujas permanecen como tales en el refresco, etc. Los alumnos tratan de averiguar bajo qué condiciones parece haber más o menos burbujas.

A continuación el profesor formará grupos de alumnos y les pedirá que indaguen cómo elaborar un refresco con gas, qué es la efervescencia y en qué situaciones cotidianas la observamos, y para ello el profesor genera un *brainstorming* entre los alumnos a fin de identificar los factores que influyen en la solubilidad. El profesor propone a los alumnos realizar dos tipos de experiencias en la sesión siguiente. La primera de ellas estará basada en la generación de dióxido de carbono usando vinagre, bicarbonato, una botella de plástico vacía y un globo. Se realiza una lista de propuestas donde la proporción vinagre/bicarbonato varía (1:1, 1:2, 2/1) y cada grupo apuesta por la propuesta que cree que le permitirá obtener mayor cantidad de gas. El profesor se asegurará de que todas las propuestas se lleven a cabo en la próxima sesión. La segunda experiencia está encaminada a conocer el comportamiento de una pastilla efervescente al incorporarse a un líquido. Los alumnos, por grupos, propondrán un plan experimental para descubrir el comportamiento del gas en un refresco, y de una pastilla efervescente al incorporarse a un líquido.

## DESCRIPCIÓN DE LA SESIÓN 2

La sesión 2 tendrá lugar en el laboratorio. Para comenzar, el profesor planteará la siguiente pregunta: «¿Cómo podemos saber quién obtuvo más gas al realizar la experiencia del vinagre y el bicarbonato?» Los alumnos en grupos realizarán la experiencia con distintas proporciones de la sal y el ácido, y medirán el contorno del globo una vez hinchado. A continuación se realizará la segunda experiencia basada en la efervescencia de una tableta de vitamina C. Se realizarán distintas pruebas donde se variará, a tres niveles: a) la temperatura del agua en la que se disuelve la pastilla; b) la cantidad de agua en la que se disuelve; c) el grado de disgregación de la pastilla, y por último, d) el grado de agitación en el proceso. Para analizar

cómo varía la solubilidad con cada variable, se anotará el tiempo necesario para su completa disolución o desaparición de la efervescencia (*figura 1*). La información obtenida por cada grupo será anotada y compartida con los demás grupos.



*Figura 1.* Procedimiento experimental para la medida del tiempo de efervescencia de la pastilla a tres niveles para cualquiera de los factores analizados.

## DESCRIPCIÓN DE LA SESIÓN 3

El profesor inicia la tercera y última sesión estableciendo un turno en los grupos que elegirán a un portavoz que escribirá en la pizarra sus resultados finales. Basándose en la información recogida, los estudiantes analizan y contrastan los datos procedentes de las observaciones y cálculos realizados en el laboratorio para, finalmente, formarse una opinión debidamente justificada acerca de las reglas de solubilidad y los factores que afectan a la misma, que pueden confrontar con la de los compañeros.

Por último, los estudiantes deberán escribir un informe con sus conclusiones tras el debate, que se adjuntará a las tablas de datos generadas anteriormente y que entregarán al profesor para ser evaluado.

## EVALUACIÓN SUGERIDA

La evaluación final debe reflejar la adquisición de competencias por parte del alumnado, que se muestran en la *tabla 1*.

| Competencia | Adquirida mediante |
|---|---|
| Adquisición de competencias curriculares. | Experiencia en el laboratorio. |
| Cooperar como miembro del grupo. | Participando activamente en el grupo de trabajo. |
| Comunicación oral y escrita. | Discutiendo en el grupo y preparando el informe escrito. |

*Tabla 1.* Adquisición de competencias en esta propuesta didáctica.

Esta experiencia sugiere evaluar al alumno sobre las actividades realizadas, según los resultados obtenidos y entregados de forma escrita al profesor, así como las propias observaciones del profesor en relación a su participación en las actividades grupales. En la *tabla 2* se muestra a modo de ejemplo la puntuación sugerida para evaluar las competencias reflejadas en la *tabla 1*.

| |
|---|
| • 1 punto:<br>*Objetivo de aprendizaje no conseguido.*<br>*No es capaz de explicar los cálculos y los gráficos.*<br>*No coopera con el resto en las discusiones y en las actividades.*<br>*No participación adecuada en el debate.* |
| • 2 puntos:<br>*Objetivo de aprendizaje conseguido.*<br>*Capaz de explicar los cálculos y los gráficos.*<br>*Participa en el grupo de forma adecuada con aportaciones de valor tanto en las discusiones como en la forma escrita.*<br>*Participa en el debate y justifica su punto de vista.* |
| • 3 puntos:<br>*Objetivo del aprendizaje conseguido por encima de las expectativas (por ejemplo, si el alumno ha demostrado ser creativo, tener iniciativa…).*<br>*Capacidad de entendimiento de todo el proceso.*<br>*No solo participa en el trabajo de grupo, sino que actúa además como líder y anima a los demás a participar.*<br>*Además de participar en el debate y justificar su punto de vista es capaz de persuadir y contra-argumentar a sus compañeros.* |

*Tabla 2.* Puntuación sugerida para evaluar las competencias.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se hace una propuesta metodológica que pretende favorecer el aprendizaje significativo de contenidos CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) siguiendo la estrategia de enseñanza por indagación. La experiencia permite abordar contenidos de química pretendiendo ser una experiencia indagatoria que sea motivadora y de interés social para nuestros alumnos de secundaria.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida para la realización de este estudio al séptimo programa marco de la Unión Europea en el proyecto PROFILES (Grant agreement n.º: 266589).

# Un estudio Delphi para promover la formación del docente de ciencias en materia de salud

Esther Charro-Huerga, María Elena Charro

*Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación y Trabajo Social. Universidad de Valladolid. Valladolid (España)*

echarro@dce.uva.es

**Palabras clave:** Competencias para la salud, docente de ciencias, Estudio Delphi.

**Keywords:** Health education, primary teachers, Delphi study.

**Resumen**

Mejorar los hábitos saludables es de gran importancia en nuestra sociedad, y los esfuerzos por promoverlos deberían llevarse a cabo desde los años de escolaridad, y para ello es clave la formación de los futuros profesores. En este trabajo se quiere poner de manifiesto la importancia que conlleva una adecuada formación del futuro profesor en el ámbito de la salud para adquirir las competencias necesarias para el ejercicio adecuado de su profesión. Para ello presentamos un análisis «Delphi» cuyo objetivo es descubrir las competencias que debe adquirir un maestro en formación en relación a la salud. Mediante un análisis cuantitativo y otro cualitativo es posible identificar los contenidos y las estrategias a emplear en la formación de esos profesores.

**Abstract**

Enhancing healthy habits is of great importance to our society, and efforts to promote healthy habits should be carried out during the earliest grades of schooling, and training future teachers is the key to reach this. This study wants to show the importance of a good training in health issues for future teachers in order to achive the right competencies to perform their duties. This work shows a Delphi study. Its aim is to discover the key competencies for a training teacher concerning the health field. Using this quantitative and qualitative analyses is possible to identify contents and strategies for training that future teachers.

## Introducción

La salud es, pues, un bien fundamental de la persona y por ello se ha de cuidar, proteger y potenciar. Depende, en gran medida, de los propios comportamientos y estilos de vida. La salud es consecuencia de un quehacer continuo que comprende aspectos como una alimentación sana, actividad física adecuada, actividad intelectual, descanso y sueño, relaciones personales, posibilidad de compartir ideas, sentimientos

y emociones, consumo de sustancias, etc. En la actualidad, los principales problemas de salud de los países desarrollados, se derivan de los estilos de vida y están relacionados con la alimentación y nutrición, la salud mental, los accidentes, el ejercicio físico, el consumo de tabaco, alcohol y drogas. Por lo tanto, mejorar los hábitos saludables es de gran importancia en nuestra sociedad, y los esfuerzos por promoverlos deberían llevarse a cabo durante la enseñanza obligatoria, primaria y ESO, y para ello es clave la formación del docente de ciencias en materia de salud.

Autores como Gavidia (1993[1], 1998[2]), Gil (1991)[3],Talavera y Gavidia (2013)[4] y Oliva (2011)[5] señalan que es necesario que el profesorado cuente, entre otras cosas, con conocimientos sobre los temas básicos de salud, competencias para desarrollar estos conocimientos, habilidades que puedan ser aprendidas, y relaciones con las agencias locales y las organizaciones de la comunidad que participen en el contexto socioeducativo de los estudiantes. Los docentes, tanto de educación primaria como de secundaria, tienen competencias en salud pública que van más allá de las relacionadas con la tradicional educación sanitaria según reconocen diversos organismos e instituciones del ámbito de la salud (Cubero *et al.,* 2011)[6].

A fin de conocer los aspectos relevantes en los que debe de formarse el futuro profesor en el ámbito de la salud para adquirir las competencias necesarias para el ejercicio adecuado de su profesión se ha realizado un estudio exploratorio que se presenta en este trabajo. En esta investigación se utiliza la técnica Delphi, consistente en un proceso iterativo de llenado de cuestionarios por parte de un grupo denominado panel de expertos formado por miembros que con diferentes enfoques desde la educación y la salud pueden aportar diferentes perspectivas al estudio. Mediante este estudio se busca identificar las áreas de consenso con respecto a los contenidos y las estrategias a emplear en la formación de esos futuros profesores, y en definitiva definir sus competencias en materia de salud.

## METODOLOGÍA

El método Delphi es una herramienta de carácter cuantitativo y cualitativo que se ha utilizado en la investigación científica para lograr una mayor comprensión de la realidad desde diferentes perspectivas y para llegar a un acuerdo sobre temas de los que no se dispone información concluyente (Varela-Ruiz *et al.*, 2012)[7]. Hoy en día el Delphi se utiliza en muchos campos (Osborne *et al.,* 2003[8], Blanco *et al.,* 2015[9]) y se basa esencialmente en la opinión de los participantes elegidos según su afinidad al tema de estudio.

---

[1] GAVIDIA, V. (1993). Consideraciones sobre la Formación Inicial de Profesores en Educación para la Salud. *Didáctica de las CC. Experimentales y Sociales,* (7) pp. 50-70.

[2] GAVIDIA, V. (1998). Salud, Educación y Calidad de Vida. *De cómo las concepciones del profesorado inciden en la salud*. Ed. Magisterio, Santa Fé de Bogotá..

[3] GIL, D. (1991). ¿Qué han de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias,* 9(1) pp. 69-77.

[4] TALAVERA M. y GAVIDIA, V. (2013). Percepción de la Educación para la Salud en el personal docente y el sanitario. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales,* 27, pp. 115-129.

[5] OLIVA, J. M. (2011). Difficulties of secondary school teachers implicating in the reading, innovation and research in science education (I): The problem to begin with. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8(1).

[6] CUBERO, J.; CALDERÓN, M.; COSTILLO, E. y RUIZ, C. (2011). La educación para la Salud en el Espacio europeo de educación Superior. *Publicaciones,* 41, pp. 51-63.

[7] VARELA-RUIZ, M.; DÍAZ-BRAVO, L. y GARCÍA-DURÁN, R. (2012). Descripción y usos del método Delphi en investigaciones en el área de la salud. *Inv Ed Med, 1* (2), pp. 90-95.

[8] OSBORNE, J. F.; RATCLIFFE, M.; COLLINS, S.; MILLAR, R. y DUSCH, R. (2003). What «Ideas-about-Science» Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(7) pp. 692-720.

[9] BLANCO-LÓPEZ A.; ESPAÑA-RAMOS, E.; GONZÁLEZ-GARCÍA F. J. y FRANCO-MARISCAL A. J. (2015). Key Aspects of Scientific Competence for Citizenship: A Delphi Study of the Expert Community in Spain. *J Res Sci Teach*, 52, pp.164-198.

La metodología Delphi se caracteriza por el empleo de una batería de cuestionarios que son respondidos por el panel de participantes con el fin de recoger sus opiniones y la clave de lo que se intenta es que el grupo llegue a una conclusión y no solo un especialista, para lo que hay que conseguir llegar a un consenso entre ellos y poder ofrecer un resultado fiable y realista.

Así pues, atendiendo a los diferentes agentes implicados en este proceso de enseñanza-aprendizaje en relación a la salud, se considera experto a toda persona que puede aportar una opinión relevante acerca del tema de estudio. Basándose en su implicación directa con el objeto de estudio, los grupos a considerar han de establecerse en torno a los binomios salud-formación y maestro-niño. De este modo se consideran cinco grupos de expertos: a) el Grupo Médicos (M), formado por médicos de familia y pediatras que ejerzan en Centros de Salud y Hospitales, que con su conocimiento y experiencia aportarán información en relación a los problemas de salud que en la práctica se presentan tanto en la población infantil como en la población adulta, a la que pertenecerán cuando crezcan; b) el Grupo Padres (P) engloba padres y madres de distintas edades, desde los 29 hasta los 56 años, con hijos de rango de edad variado desde los 3 meses hasta los 18 años, y que no tienen conocimientos específicos sobre el tema a tratar, ni superiores a lo normal, pero que aportan una perspectiva diferente; c) el Grupo Futuros Maestros (FM) está constituido por estudiantes universitarios del Grado de Educación Primaria de diferentes cursos; d) el Grupo Profesorado de enseñanza No-Universitaria (PNU) está compuesto por maestros de Educación Primaria y profesores de Educación Secundaria de diversos centros a lo largo del territorio nacional, y aportan la visión práctica real de cuál es el estado de la Educación para la Salud en los alumnos y de cuál es su conocimiento actual sobre el tema, y e) el Grupo Profesores de Universidad (PU) que está formado por profesores de enseñanza universitaria y formadores de profesorado que imparten docencia en los Grados de Educación Primaria e Infantil, así como en diferentes másteres del ámbito educativo en la universidad, y aportan su experiencia y conocimiento sobre la formación actual del maestro. Por último indicar que se ha estimado óptimo buscar un total de 20 participantes en cada uno de los grupos de expertos, lo que hace un total de 100 individuos en total para el panel.

La metodología Delphi utilizada es la que corresponde a su desarrollo en dos rondas. En la primera ronda, el cuestionario consiste en una pregunta abierta *¿qué debería conocer un maestro de primaria sobre Educación para la Salud?* Los textos recolectados son analizados por el grupo coordinador que a partir de la lectura pormenorizada de los escritos aportados genera un set de ítems fruto de las expresiones, palabras e ideas vertidas por los participantes. Se obtienen 88 ítems que se dividen en cinco categorías: la categoría I corresponde a «Motivos y perspectivas» y consta de 14 ítems; la categoría II se refiere a «Contenidos y conceptos básicos» y consta de 11 ítems; la categoría III hace referencia a «Asignaturas y áreas de conocimiento» y consta de 23 ítems; la categoría IV recoge las «Estrategias de enseñanza/aprendizaje» y consta de 13 ítems; y la categoría V se destina a «Habilidades y conocimientos a conseguir» y consta de 27 ítems.

Con estos ítems categorizados se genera el segundo cuestionario, que da paso a la segunda ronda. En la segunda ronda, solo se contacta con aquellos participantes que enviaron el texto libre. En esta segunda ronda se produce una retroalimentación, ya que los participantes están siendo informados de los resultados de la primera ronda, ya que reconocerán sus propias ideas expresadas con anterioridad y otras que aportan otros miembros del panel y podrán reafirmarse en sus valoraciones o cambiar de opinión. Ahora, los encuestados han de responder a la misma pregunta, pero esta vez marcando cuantos ítems deseen de cada una de las 5cinco categorías, pero debiendo marcar al menos uno de cada categoría, en este segundo cuestionario, cuyas respuestas serán analizadas estadísticamente. La estadística descriptiva es la empleada en este caso, y ha consistido en evaluar la frecuencia de cada ítem en cada uno de los grupos y en el total de la muestra. Dado que cada grupo de expertos contiene un número diferente de participantes, para evaluar de forma consistente los resultados, se calculan las frecuencias relativas de cada ítem en cada categoría y para cada grupo de expertos y, a partir de ahí, la frecuencia relativa para el total de la muestra.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *tabla 1* se recoge el total de ítems marcados por grupo de expertos, el promedio de ítems por cada uno de los participantes según grupo y su contribución al total de ítems marcados. Según la *tabla 1*, el grupo de médicos fue el que mayor número de ítems marcó y el de menor número fue el de padres, siendo en su conjunto, un total de 41 ítems por participante en promedio de los 88 disponibles, lo que viene a ser casi un 50% de ítems marcados.

| GRUPO | M | PNU | FM | PU | P | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Panel inicial | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 100 |
| Participantes Ronda 1 | 18 | 20 | 17 | 17 | 19 | 91 |
| Tasa respuesta Ronda 1 | 90 | 100 | 85 | 85 | 95 | 91 |
| Composición del panel Ronda 1 | 19 | 22 | 19 | 19 | 21 | 100 |
| Participantes Ronda 2 | 17 | 19 | 17 | 7 | 9 | 69 |
| Tasa de respuesta Ronda 2 | 94 | 95 | 100 | 41 | 47 | 76 |
| Composición del panel Ronda 2 | 25 | 27 | 25 | 10 | 13 | 100 |
| Total ítems marcados Ronda 2 | 845 | 724 | 696 | 247 | 288 | 2800 |
| Promedio ítems marcados Ronda 2 | 50 | 40 | 41 | 35 | 32 | 41 |
| % ítems marcados Ronda 2 | 30 | 26 | 25 | 9 | 10 | 100 |

*Tabla 1*. Participantes y tasa de respuesta, composición de cada grupo de expertos en el panel en cada ronda, junto con el total, valor promedio y porcentaje de ítems marcados por grupo y panel de expertos (M: médicos, PNU: profesores de enseñanza no-universitaria, FM: futuros maestros, PU: profesores de universidad, P: padres).

En la segunda ronda se ha procedido con un análisis exploratorio de los datos que permite conocer la frecuencia relativa de cada ítem, que hace referencia al número de veces que se marcó el ítem por parte del total del panel y que se recogen en las *tablas 2* a *6*.

En la *tabla 2* se recogen los resultados de la frecuencia relativa para cada ítem de la categoría I. Los ítems de *educación y desarrollo integral* y *promoción de la salud/prevención* fueron los más mencionados por el total de la muestra, con un 75% de frecuencia, demostrándose así la importancia que tienen estos dos ítems como motores para estudiar y enseñar contenidos sobre salud a un futuro maestro según el panel de expertos. Sin embargo, escasa importancia otorga el panel de expertos al *marco curricular* con apenas un 6% de mención.

En la *tabla 3* se muestran los resultados del análisis cuantitativo para cada ítem de la categoría II, contenidos y conceptos básicos. *Los hábitos saludables en la vida cotidiana* se perfilan como los más relevantes a abordar en la formación de los futuros maestros, con un 90% de frecuencia para el total de encuestados. Los siguen de cerca otros dos pilares importantes: la *seguridad y prevención de accidentes (vial, hogar…)* y *alimentación y nutrición* con un 81% y 84% de mención respectivamente. En contraposición, la *terminología médica/especialidades* se considera de escaso valor en la formación para la salud del futuro maestro, con menos del 5% de mención. En la categoría III (*tabla 4*), asignaturas, áreas de conocimiento y campos científicos que se deberían incluir en la formación del futuro maestro destaca la *nutrición y alimentación* con un 84% de mención por el total de la muestra. Por el contrario, el *funcionamiento del sistema sanitario*, *genética humana* y *psiquiatría* son las áreas consideradas menos interesantes con tan solo un 11% de mención.

| Motivos y perspectivas | Total |
|---|---|
| Educación y desarrollo integral | 76 |
| Desarrollo emocional | 21 |
| Desarrollo intelectual | 26 |
| La motivación de los alumnos | 16 |
| Marco curricular | 6 |
| Naturaleza y entornos saludables | 41 |
| Vida cotidiana | 44 |
| Medicina/salud | 34 |
| Promoción de la salud/prevención | 75 |
| Medios de comunicación de masa/temas de actualidad | 16 |
| Sociedad/interés general | 31 |
| Protección de la infancia | 44 |
| Derechos de la infancia | 21 |
| Interdisciplinariedad de las ciencias | 29 |

*Tabla 2.* Frecuencia relativa (%) de cada ítem de la categoría I según el total del panel.

| Contenidos y conceptos | Total |
|---|---|
| Estructura, función del cuerpo humano | 60 |
| Interacciones humanas | 37 |
| Desarrollo y crecimiento | 68 |
| Terminología médica, especialidades | 4 |
| Cuestionamiento científico | 13 |
| Alimentación y nutrición | 85 |
| Salud y medicina | 37 |
| Hábitos saludables en la vida cotidiana | 90 |
| Medio ambiente y entornos saludables | 62 |
| Tratamiento de la discapacidad | 53 |
| Seguridad y prevención de accidentes (vial, hogar…) | 81 |

*Tabla 3.* Frecuencia relativa (%) de cada ítem de la categoría II según el total del panel.

En la *tabla 5* aparece la frecuencia relativa calculada para cada ítem de la categoría IV, donde las *clases prácticas de primeros auxilios* son claramente las más mencionadas (88%), seguidas, con valores que superan el 60%, por las *charlas de profesionales de la salud* y el *aprendizaje cooperativo*. El *aprendizaje por proyectos* y el *aprendizaje por indagación* son los menos mencionados por el total de la muestra.

| Asignaturas, áreas de conocimiento | Total |
|---|---|
| Funcionamiento-sistema sanitario español | 13 |
| Anatomía humana | 40 |
| Biología del desarrollo | 35 |
| Genética humana | 12 |
| Microbiología y enfermedades infecciosas | 24 |
| Biología humana | 29 |
| Fisiología humana | 37 |
| Farmacología/medicamentos | 16 |
| Psiquiatría | 13 |
| Psicología | 54 |
| Sociología | 34 |
| Sexología | 49 |
| Ciencia de los alimentos | 15 |
| Nutrición y alimentación | 85 |
| Pediatría | 29 |
| Medicina preventiva | 59 |
| Salud pública | 37 |
| Desarrollo y crecimiento | 41 |
| Estructura y función del cuerpo humano | 43 |
| Matemáticas | 19 |
| Seguridad y prevención de riesgos | 57 |
| Medioambiente | 26 |
| Ética/valores éticos | 50 |

*Tabla 4.* Frecuencia relativa (%) de cada ítem de la categoría III según el total del panel.

| Estrategias | Total |
|---|---|
| Aprendizaje cooperativo | 62 |
| Aprendizaje por indagación | 29 |
| Aprendizaje interdisciplinar | 56 |
| Clases expositivas | 41 |
| Clases prácticas/primeros auxilios | 87 |
| Aprendizaje por proyectos | 28 |
| Charlas de profesionales de la salud | 65 |
| Juego de roles | 40 |
| Mesas redondas/temas de discusión/ debates | 38 |
| Uso de las TIC | 50 |
| Vídeos | 37 |
| Talleres | 46 |
| Visitas a hospitales (escuelas) | 38 |

*Tabla 5.* Frecuencia relativa (%) de cada ítem de la categoría IV por el total del panel.

Los resultados para la categoría V aparecen en la *tabla 6*, donde destacan los *primeros auxilios/heridas y traumatismos* (83%), y *fomentar la higiene personal* (81%).

| Conocimientos y habilidades a conseguir | Total |
|---|---|
| Comprensión y asimilación de conceptos/conocimientos | 65 |
| Aplicación del conocimiento | 57 |
| Uso de recursos sanitarios | 29 |
| Identificar/usar medicamentos del botiquín escolar | 62 |
| Protocolo de aviso ante urgencias | 66 |
| Protocolo de información a los padres | 46 |
| Primeros auxilios/heridas y traumatismos | 84 |
| Primeros auxilios/reanimación cardiopulmonar | 63 |
| Detección de abusos en la familia, acoso escolar | 79 |
| Detección de enfermedades comunes | 41 |
| Detección déficit visual/auditivo | 47 |
| Detección de desórdenes alimenticios | 65 |
| Detección de problemas del comportamiento | 57 |
| Habilidad para inculcar una vida saludable | 78 |
| Sensibilizar a la familia de los hábitos de vida saludables | 49 |
| Conseguir un buen ambiente en el aula | 43 |
| Fomentar actividades de ocio saludables | 28 |
| Fomentar una alimentación saludable | 78 |
| Fomentar la higiene personal | 81 |
| Fomentar la autoestima | 65 |
| Fomentar la salud bucodental | 69 |
| Fomentar hábitos de actividad física y descanso | 68 |
| Concienciar al niño de las consecuencias de los malos hábitos | 71 |
| Aceptación de la discapacidad | 60 |
| Detectar adicciones comunes | 47 |
| Sensibilidad y empatía, habilidades sociales | 43 |
| Motivación, interés, curiosidad. Preguntas críticas | 43 |

*Tabla 6.* Frecuencia relativa (%) de cada ítem de la categoría V según el total del panel.

## Conclusiones

La importancia de la Educación para la Salud en la escuela, y por lo tanto, desde las edades más tempranas y de manera continua e ininterrumpida en los diversos niveles educativos de la enseñanza obligatoria, está justificada. Para lograr sus inherentes objetivos educativos hace falta que los estudiantes y profesores sean saludables física, mental y socialmente, de esta forma, se lograrán también objetivos a largo plazo en la sociedad cuando estos individuos sean adultos. Es, por lo tanto, deseable que los futuros docentes

estén preparados en materia de salud para poder utilizar en su ejercicio docente de forma explícita e implícita estos conocimientos, estrategias, etc.

Este es el primer estudio que analiza las competencias que debería adquirir un profesor en materia de salud usando el método Delphi. El objetivo perseguido ha sido determinar qué aspectos serían de mayor interés y más deseables en la enseñanza de la Educación de la Salud para los futuros maestros de Educación Primaria a su paso por las aulas universitarias basándonos en las opiniones de una selección de agentes implicados en el tema (panel de expertos). La técnica Delphi, a caballo entre lo cualitativo y lo cuantitativo, ha permitido recoger las opiniones de los diferentes agentes implicados, analizar puntos en común y divergencias y aplicar pruebas estadísticas con el rigor necesario como para proporcionar resultados sólidos y fiables, y todo ello conseguido con un alto grado de consenso entre los participantes. La investigación realizada ha permitido determinar (a) que los motivos que justifican la presencia de la Educación para la Salud en la formación de los futuros maestros son la *educación y el desarrollo integral*, junto con la *promoción de la salud y prevención*; (b) que los contenidos que deberían abordarse serían *hábitos de vida saludables en la vida cotidiana, seguridad y prevención de accidentes,* y *alimentación y nutrición*; (c) que las estrategias de enseñanza-aprendizaje más eficaces y óptimas para la transmisión del conocimiento de Educación para la Salud serían las *clases prácticas de primeros auxilios*, y (d) que las habilidades a conseguir deberían ser *primeros auxilios/heridas y traumatismos,* e *inculcar hábitos de vida saludable,* entre otras.

Dados los resultados obtenidos y teniendo en cuenta los mismos es posible plantearse llevar a cabo un estudio más profundo, donde fuera posible evaluar con mayor precisión el grado de importancia que le dan a los diferentes contenidos y estrategias los diferentes grupos de expertos.

# Proyectos para la enseñanza de las ciencias del pasado como fuentes de recursos en el presente: El Proyecto CIB del IEPS (1975-1992) para el estudio de textos científicos

Alicia Coballes Redondo, M. Araceli Calvo Pascual

*Grupo de Investigación Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, DICEMA.*

*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*

alicia.coballes@gmail.com / araceli.calvo@uam.es

**Palabras clave:** Enseñanza de las ciencias, recursos educativos, textos científicos, lectura, Proyecto CIB.

**Keywords:** Science teaching, educational resources, scientific texts, reading, CIB project.

**Resumen**

La lectura comprensiva en las clases de ciencias puede enriquecer su aprendizaje. Por este motivo, en el presente trabajo se ha considerado necesario recuperar cómo se trabajaba con este recurso en un proyecto innovador del pasado: el Proyecto Ciencia Integrada para el Bachillerato (CIB) del Instituto de Estudios Pedagógicos Somosaguas (IEPS), el cual se desarrolló desde 1975 hasta 1992. Se muestran algunos textos científicos que aparecen en el proyecto y se han extraído algunas conclusiones en cuanto al modo en el que se pueden emplear en el aula.

**Abstract**

Reading comprehension in science lessons can enhance its learning. For this reason, in this paper we have considered to recall how this educational resource was used in an innovative project from the past: the *«Ciencia Integrada para el Bachillerato'* project (CIB) by the '*Instituto de Estudios Pedagógicos Somosaguas*» (IEPS), which was developed from 1975 to 1992 in Spain. Some texts that appear in this project are exposed and some conclusions about how they can be used have been also pointed out.

## Introducción

La preocupación por la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales no es exclusiva de la actualidad; en el pasado ya se ha reflexionado sobre ello. Una de las épocas más importantes corresponde a las décadas de los sesenta y setenta del siglo XX. La ventaja de la Unión Soviética frente a los

estadounidenses en la carrera espacial, debido al lanzamiento del satélite Sputnik en 1957, supuso que aumentaran en EE. UU. los apoyos políticos, sociales y económicos para la elaboración de proyectos curriculares de ciencias. Las corrientes renovadoras para la enseñanza de las ciencias de estos proyectos llegaron también a otros países.

Algunos de los proyectos anglosajones publicados en estas décadas fueron: Physical Science Study Committee (PSSC), Chemical Bond Approach (CBA), Chemical Education Material Study (CHEM), Biological Science Curriculum Study (BSCS), Harvard Project Physicsy, los proyectos ingleses financiados por la Fundación Nuffield. En ellos se pretendía mostrar fundamentalmente la estructura y los procesos de las ciencias, presentar la ciencia de manera integrada y hacer accesible esta para todos los alumnos[1].

En España durante las últimas décadas del siglo XX también se elaboraron numerosos proyectos de ciencias. Se ha señalado la necesidad de la revisión de estos materiales que suponen una alternativa a la enseñanza tradicional, aunque parecen estar quedando en el olvido[2].

En este estudio, que forma parte de una investigación más amplia que pretende conocer y analizar proyectos del pasado, hemos considerado oportuno recuperar cómo se trabajaban los textos científicos en uno de los primeros que se elaboró en España para la enseñanza de la Física y Química, el Proyecto CIB.

Esta vuelta al pasado se realiza desde una perspectiva que considera su posible aplicación en el presente. La lectura comprensiva de textos científicos aparece recogida en el currículo oficial[3], donde se especifica que debe promoverse el hábito de la lectura desde todas las materias (arts. 15 y 29). En concreto en el anexo I, en los apartados correspondientes a la Física y Química de 2.º y 3.º, 4.º de ESO y 1.º, 2.º de Bachillerato, dentro del *bloque 1: La actividad científica*, aparece un estándar de aprendizaje evaluable relativo al análisis de textos científicos.

El uso de textos científicos como recurso didáctico puede suponer, con la metodología adecuada, una herramienta muy útil para el aprendizaje en las aulas de Secundaria del siglo XXI. «Si se lee ciencia comprendiendo, se aprende ciencia y se está preparando al alumnado para continuar aprendiéndola toda la vida»[4].

## El proyecto CIB del IEPS

El Proyecto CIB se comienza a elaborar en 1975, época en la que a nivel internacional hay un fuerte impulso por la renovación en la enseñanza de las ciencias, tal y como se ha dicho anteriormente, y a nivel nacional también hay un interés por renovar la educación, asumida oficialmente por la Ley General de Educación de 1970[5].

El IEPS es la institución que elaboró el Proyecto CIB. Fue fundada el año 1969, formada por un equipo permanente de especialistas y profesores interesados en la didáctica de las distintas áreas. El IEPS en su décimo aniversario se consideraba un centro de investigación y experimentación didáctica, dedicado al perfeccionamiento del profesorado, un movimiento activo para una nueva educación,

---

[1] CAAMAÑO, A. (1994). Estructura y evolución de los proyectos de Ciencias Experimentales. Un análisis de los proyectos extranjeros. *Alambique,* 1(1), pp. 8-20.

[2] CAAMAÑO, A. (2006). Proyectos de ciencias: entre la necesidad y el olvido. *Alambique*, 48, pp.10-24.

[3] REAL DECRETO 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. BOE 3, 3 de enero de 2015.

[4] MARBÀ, A.; MÁRQUEZ, C. y SANMARTÍ, N. (2009). ¿Qué implica leer en clase de Ciencias? *Alambique*, 59, 102-111, p.110.

[5] LEY 14/1970, de 4 de agosto, General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa. BOE 187, 6 de agosto de 1970.

un centro de documentación pedagógica y un servicio de comunicaciones abierto a colaboraciones múltiples[6].

Desde el IEPS se concretaba el currículo oficial en la elaboración y publicación de manuales escolares para diferentes niveles y áreas, el Proyecto CIB es un ejemplo de ello. Este se concebía como la creación de un instrumento innovador con la finalidad de contribuir a la renovación didáctica y educativa en el Bachillerato a través de la actualización didáctica del profesorado[7].

Se define como un proyecto de *Ciencia Integrada*, articulando la integración de las disciplinas científicas en torno a tres ideas eje: sistemas, interacción y equilibrio. Algunas de sus autoras, junto a otros miembros del IEPS, investigaron en profundidad sobre el tema de la enseñanza integrada de las ciencias[8,9].

La elaboración de este proyecto se realizaba a través de sesiones de estudio y debate de un *Seminario Didáctico* a las que asistían profesores de diversas provincias españolas y donde se discutía sobre investigaciones educativas internacionales y las posibilidades de renovación en el ámbito nacional. Para su diseño se estudiaron numerosos proyectos extranjeros y también autores de la psicología del aprendizaje como Piaget, Bruner y Gagné[10].

Existía un *equipo realizador,* los autores del proyecto (*tabla 1*), que se encargaba de la elaboración de los temas y un *equipo experimentador* que llevaba a la práctica los temas elaborados y los evaluaba, a partir de cuestionarios, a profesores y alumnos que trabajaban con los mismos en el aula.

| Especialidad | Autores |
|---|---|
| **Química** | Amelia Santos Macías (2.º BUP) (directora nivel común)<br>Mercedes Fernández Valdés (2.º y 3.º BUP) (también fue experimentadora)<br>Carmen Usabiaga Bernal (2.º y 3.º BUP) (coordinadora nivel optativo)<br>Milagros Zotes Fernández (2.º y 3.º BUP) (también fue experimentadora) |
| **Física** | José María Fernández López (2.º y 3.º BUP)<br>Rufina Gutiérrez Goncet (2.º BUP)<br>Concesa Caballero Sahelices (3.º BUP)<br>Christian Wagner López (3.º BUP) |

*Tabla 1.* Autores del Proyecto CIB.

El Proyecto CIB no fue aprobado por el MEC, pero no impidió que se siguiera trabajando en el mismo. Se llegaron a publicar libros para Física y Química de 2.º de BUP, *nivel común*, y para 3.º de BUP, *nivel optativo;* cursos que en la actualidad corresponderían a 4.º de ESO y 1.º de Bachillerato. Se difundió en congresos, como las Bienales de la Real Sociedad Española de Química, y en cursos de formación del profesorado de Física y Química organizados por el IEPS hasta el año 1992.

Los materiales publicados del Proyecto no pertenecen a ninguna editorial; fueron los mismos autores quienes recurrieron a imprentas madrileñas para publicarlos. Estos manuales tienen carácter modular: existen libros para cada uno de los temas y, además, se presenta separada la teoría, en *interacciones y*

[6] IEPS (1978). En 1979 el IEPS celebrará el décimo aniversario de su fundación. *IEPS Informa,* 5.

[7] Fernández Valdés, M. y Usabiaga, C. (1979). *Bachillerato y Ciencia Integrada (II): Física y Química.* Madrid: Narcea.

[8] Gutiérrez, R.; Serrano, T. y Juncosa, A. (1977). *La Ciencia Integrada en el programa escolar,* Madrid, Narcea.

[9] Gutiérrez, R.; Marco, B.; Serrano, T. y Usabiaga, C. (1988). *Ciencia integrada,* Madrid, Ministerio de Educación.

[10] Gutiérrez, R.; Fernández López, J. M. y Fernández Valdés, M. (1979). *Bachillerato y Ciencia Integrada (I): Proyecto CIB*. Madrid, Narcea.

*sistemas*, de los ejercicios, *en actividades y experiencias*. Los libros del *nivel común* se publicaron en 1979 y su guía del profesor en 1980, mientras que los del *nivel optativo* se publicaron de forma escalonada, según la dinámica del trabajo, desde 1985 hasta 1990. De este último nivel no se llegaron a publicar libros de *actividades y experiencias* correspondientes a dos temas ni la guía del profesor.

Este proyecto es una fuente muy rica de recursos para el profesorado, pues en él hay numerosas actividades, un total de 532 para el primer curso y 1069 para el segundo. Las actividades son variadas: consultas bibliográficas, experimentos, cuestiones de carácter teórico, ejercicios cuantitativos y comentarios de texto.

## LOS TEXTOS CIENTÍFICOS EN EL PROYECTO CIB

Las actividades relacionadas con lecturas de textos son las menos frecuentes (2% en el nivel común y 4% en el nivel optativo); sin embargo, debido a la gran cantidad de actividades totales del Proyecto CIB siguen siendo significativas. Además, no solo se presentan los textos como ejercicios en los libros de *actividades y experiencias*, sino que también se emplean dentro de las explicaciones teóricas en *interacciones y sistemas*.

Una de las autoras del Proyecto CIB destacó la importancia de los textos como recurso educativo para mostrar al alumnado una imagen mas real y humana de la ciencia; para presentarla como algo hecho por personas y para la sociedad, lo cual era uno de los objetivos principales del Proyecto[11]. En concreto se señalaron como funciones didácticas de los textos:

- motivar el trabajo sobre un tema;
- presentar nueva información científica;
- clarificar conceptos anteriores;
- localizar en el tiempo etapas del pensamiento científico o descubrimientos de interés;
- establecer relaciones ciencia-técnica;
- sintetizar conceptos científicos;
- ofrecer interdisciplinariedad[12].

En el Proyecto CIB se pueden encontrar un total de 83 textos. No hay textos en todos los temas, pero son abundantes en aquellos relacionados con termodinámica, química del carbono, química al servicio de la industria, electricidad y magnetismo, cinética y equilibrio de las reacciones químicas y física nuclear.

Se ha podido comprobar que existen múltiples enfoques en el empleo de este recurso. Son textos de diferentes extensiones, hay tanto textos de dos líneas como de casi un folio. En ocasiones son empleados como actividad de iniciación al tema y otras como de desarrollo o final. Suelen aparecer relacionados con otras actividades, principalmente con las consultas bibliográficas.

La procedencia de los textos también es variada. Seleccionaron textos de obras generales de Historia de las Ciencias, como las de René Taton, Desiderio Papp o Félix Serratosa; se citan textos originales de científicos como Lavoisier, Kekulé, Pascal, De Broglie, Maxwell o Newton –entre otros–; artículos de revistas científicas; recortes de periódicos; informes europeos sobre energía, y obras literarias de autores como Luigi Pirandello, Goethe y Tito Lucrecio. Se toman textos de libros de nivel universitario como *Física General* de Holton o *Química General* de Barrow para citar a científicos. También hay un texto extraído del Proyecto Nuffield y en algunas ocasiones los autores del proyecto se citan a sí mismos.

A partir del empleo de este recurso se muestran tanto teorías clásicas de la ciencia como temas de actualidad científica; asimismo, permite mostrar características de los científicos –algunos son autobio-

[11] USABIAGA, C. y DEL VALLE, C. (1982). *La historia de la Ciencia en el aula.* Madrid, Narcea.

[12] USABIAGA, C.; MARCO, B. y OLIVARES, E. (1982). *Científicos en el aula.* Madrid, Narcea.

grafías–, y la evolución de la historia del pensamiento científico –en ocasiones se presentan textos de diferentes científicos sobre el mismo tema de manera sucesiva–.

## Algunos ejemplos de los textos del proyecto CIB

El bloque dedicado al método científico, en el *nivel común*, se trabaja a partir de cuestiones sobre un texto extraído y adaptado de una entrevista a Linus Pauling[13]. Estas preguntas buscan si se ha comprendido el texto a la vez que se presentan la vida y características de un científico y su trabajo (*cuadro 1*). Las respuestas a las preguntas se pueden extraer de los fragmentos del texto (en los *cuadros 2* y *3* se han recogido las partes correspondientes a las cuestiones 2, 10, 11 y 12).

1. ¿Qué factores influyeron en el hecho de que Pauling se decidiera por los estudios científicos?
2. ¿Qué anécdotas de las que narra ponen de manifiesto su curiosidad por los fenómenos naturales?
3. ¿Descubrió inmediatamente su vocación hacia la química?
4. ¿Cuáles han sido las principales aportaciones de Pauling a la química?
5. ¿En qué pasajes narra el papel de la intuición en el proceso de algunos de sus descubrimientos o teorías?
6. ¿Manifiesta en algún momento su postura crítica respecto a los trabajos que se iban publicando sobre estructura cristalina?
7. ¿Le permitieron sus teorías hacer predicciones? ¿Qué narra sobre este punto?
8. ¿Qué valor atribuye el entrevistador a la escala de electronegatividad de Pauling?
9. ¿Qué aconseja Pauling a los jóvenes para adiestrarlos en el arte de hacer predicciones? ¿Qué papel atribuye a la teoría a este respecto? ¿Y a la lectura de los trabajos hechos por otros?
10. ¿Qué cualidades prefiere en sus colaboradores?
11. ¿Da importancia a la capacidad de saberse expresar por escrito?
12. Narrad alguna experiencia personal semejante a las que cuenta Pauling.

*Cuadro 1.* Cuestiones para los alumnos sobre el texto correspondiente a una entrevista a Linus Pauling.

[…] Ridgway: *Parece como si su curiosidad le hubiera llevado a una buena acumulación de experiencias.*

Pauling: Probablemente sí; pues recuerdo otra cosa que me sucedió paseando bajo la lluvia en Portland, con un paraguas sobre mi cabeza, cuando tenía trece años. Observé los colores del arco iris a través de la tela del paraguas y me di cuenta del espectro que resultaba, originado por la difracción de la luz en los hilos del tejido. Me interesó y busqué información sobre el origen de los espectros. […]

*Cuadro 2.* Fragmento de una entrevista a Linus Pauling sobre su curiosidad.

[…] Ridgway: *Cuando usted observa a un joven que desea trabajar con usted en un programa de investigación, ¿puede decir algo sobre su creatividad?*

Pauling: Yo observo primero su capacidad intelectual; pero, por supuesto, me interesa que sea capaz de trabajar intensamente y llegar hasta el final. Tengo muy poca simpatía por la gente brillante que rehúye el trabajo duro. Puedo averiguar algo de su capacidad intelectual hablando con él y deduciendo qué es lo que le interesa y lo que realmente está pensando. Presto atención al modo de hablar. He tenido alumnos que no podían escribir bien el inglés: evidentemente, ha habido fallos en su proceso educativo, creo que es importante hablar y escribir correctamente.[…]

*Cuadro 3.* Fragmento de una entrevista a Linus Pauling sobre qué características busca en sus jóvenes investigadores.

[13] Ridgway, D. (1976). Interview with Linus Pauling Pauling. *Journal of Chemical Education*, 53 (8), pp. 471-471.

El texto original de Pauling (*cuadro 3*) continúa con la frase: «This capacity, I have found, is very closely related to the amount of reading that a person does» [«Esta habilidad, he encontrado, está estrechamente relacionada con cuánto lee esa persona»]. Aunque esta cita no estuviera incluida en el Proyecto CIB es de interés y relevante para este trabajo.

Otra actividad presentada con una finalidad similar es la relacionada con un texto de Kekulé, tomado del libro *Khymós* de Félix Serratosa[14]. Se incluye en el tema de la química del carbono de 3.º de BUP, dentro de un apartado donde se muestran los *científicos que hicieron la química orgánica*. Estos científicos se presentan con una primera actividad referente a una línea del tiempo desde 1770 hasta 1970 y con otras actividades correspondientes a comentarios de texto de amplia extensión y que tienen como finalidad introducir a los alumnos en la estereoquímica. En concreto, en la actividad que se muestra a modo de ejemplo a los alumnos, se les hace una serie de cuestiones que podrán responder si han leído comprensivamente el texto de Kekulé (*cuadro 4*). Se ha recogido un fragmento del mismo en el que se puede ubicar la última frase a la que se hace referencia en la última cuestión (*cuadro 5*).

1. ¿Qué hechos de la vida de Kekulé se indican en este texto? Situar la figura en su contexto histórico y científico con la ayuda de una línea de tiempo.
2. ¿Qué científicos famosos cita Kekulé en este fragmento?
3. Elegir una de las frases siguientes y, una vez situadas en el texto, analizar el significado que le atribuye el propio Kekulé:
   - «Mi padre decidió que debía estudiar arquitectura».
   - «Una irresistible necesidad de visualizar todas las cosas».
   - «Debe seguir la senda de explorador».

*Cuadro 4.* Cuestiones sobre el texto de Kekulé.

*[…] Uno no puede explorar horizontes nuevos con trenes expreso, ni tampoco se llega a ser un investigador por el solo estudio, incluso con los mejores libros de texto. El que se conforma con llegar a un simple mirador repleto de turistas, siguiendo los caminos fáciles, puede que llegue a recoger alguna florecita olvidada en los márgenes, puede incluso llevarse a su casa una bonita caja de herborista; pero algo esencialmente nuevo nunca lo encontrará. Quien quiera llegar a ser de verdad un investigador debe estudiar las obras originales de los más capacitados; y debe hacerlo de tal manera que no solo sea capaz de leer entre líneas, sino también de llegar a adivinar los pensamientos no expresados. Debe seguir la senda del explorador; debe estar atento a cada huella, a cada rama quebrada y a cada hoja caída. Entonces, y solo entonces, le será posible vislumbrar, desde la meta alcanzada por sus predecesores, dónde se encuentra el terreno firme para seguir avanzando. […]*

*Cuadro 5.* Fragmento del texto de Kekulé.

En el bloque de química del carbono de 2.º de BUP se encuentran dos textos breves que se pide a los alumnos que comenten de modo comparativo (*cuadro 6*).

L*a química orgánica actual es suficiente para volverle a uno loco, me produce la impresión de una primitiva selva tropical atestada de las cosas más curiosas, una manigua ilimitada y monstruosa sin salida posible y en la que da pánico entrar.* (De una carta de Wöhler a Berzeluis, en 1835).

L*a química orgánica constituye uno de los más grandes éxitos de la humanidad, por la organización de una cantidad tan grande de fenómenos naturales*. (BARROW, *Química General*, Reverté, 1974, p. 241).

*Cuadro 6.* Textos sobre la química del carbono para que los alumnos los comenten de modo comparativo.

[14] SERRATOSA, F. (1969). *Khymós*. Madrid, Alhambra, pp. 166-168.

Un ejemplo de un texto presentado dentro de la teoría es el que aparece sobre Marie Curie en el apartado «identificación de los nuevos elementos radiactivos descubiertos» del bloque «interacciones atómicas y nucleares». Está tomado de un libro de Física General[15]. Su lectura permite entender que el trabajo científico puede ser en ocasiones arduo y agotador (*cuadro 7*).

*Llegué a tratar unos 20 kg de materia, para lo cual había llenado el cobertizo de grandes jarras con precipitados y líquidos; fue un trabajo agotador el llevar las vasijas, llenarlas de líquido y agitar durante horas la materia en ebullición en una vasija de fundición.*

*Cuadro 7.* Texto de Marie Curie en el que se destacan las dificultades del trabajo científico.

Otros ejemplos de textos dentro de la teoría son unos de Maxwell que están relacionados entre sí (se han juntado en el *cuadro 8*)[16]. En ellos se destaca la dificultad de expresar con lenguaje matemático los hechos observados por la ciencia, y se muestra que, tanto los modelos científicos construidos desde las matemáticas como desde hechos empíricos, deben llevar a las mismas leyes sobre un fenómeno. Estos textos también son empleados en los libros de actividades acompañados de cuestiones (*cuadro 9*).

*Antes de comenzar el estudio de la electricidad resolví no leer más matemáticas sobre esta materia hasta leer totalmente las investigaciones experimentales sobre electricidad de Faraday.*

*[…] Cuando consideré que había traducido al lenguaje de las matemáticas lo que consideraba era la idea de Faraday, encontré que, en general, los resultados de los modelos coincidían de modo que se podían explicar los mismos fenómenos y deducir las mismas leyes de acción por ambos métodos, pero el de Faraday se asemejaba a aquellos en que se parte del todo para llegar a las distintas partes por análisis, mientras que en los métodos matemáticos ordinarios se comienza por las partes, y por síntesis, se construye el todo.*

*Cuadro 8.* Textos de Maxwell sobre la traducción de las experiencias de Faraday al lenguaje matemático.

A partir de estas consideraciones de Maxwell y de otros conocimientos, indicar:

- Su relación con las investigaciones de Michael Faraday.
- Los datos históricos y científicos de Maxwell que consideres más significativos.
- Señalar las aportaciones científicas más importantes de Maxwell.

*Cuadro 9.* Cuestiones sobre el texto de Maxwell.

La importancia de las matemáticas en el establecimiento de modelos científicos también se muestra en un texto de Niels Bohr[17]. Corresponde a una actividad del bloque «interacciones atómicas y nucleares» y aparece acompañado de cuestiones teóricas sobre el modelo atómico de este científico (*cuadro 10*).

[15] HOLTON, G. y ROLLER, D. (1963). *Fundamentos de la Física Moderna.* Barcelona, Reverté, p. 702

[16] HOLTON, G. y ROLLER, D. (1972). *Fundamentos de Física Moderna.* Barcelona, Reverté, pp. 566-567

[17] HOLTON, G. y ROLLER, D.(1972). *Fundamentos de la Física Moderna.* Barcelona, Reverté, p. 694.

El modelo matemático del átomo de Bohr está basado en un conjunto de postulados y ecuaciones. En 1925 Bohr escribe:

«A los físicos parecerá al principio deplorable que nos hayamos encontrado en los problemas atómicos aparentemente con esta limitación de nuestros medios usuales de visualización. Este pesar, sin embargo, ha de dar lugar a la gratitud de que las matemáticas también en este campo nos proporcionen las herramientas para preparar el camino a posteriores avances». (HOLTON, G. y ROLLER, D. *Fundamentos de la Física moderna.* Reverté. Barcelona, 1972, p. 694).

- Situar este texto de Bohr en el desarrollo de su teoría del átomo.
- Analizar los postulados de este modelo a la luz de las reglas del modelo «físico» del átomo.
- Señalar las diferencias esenciales entre estos modelos.

*Cuadro 10.* Actividad sobre el modelo atómico de Bohr.

## CONCLUSIONES

El estudio realizado a un proyecto curricular innovador para la enseñanza de las ciencias, como el Proyecto CIB, ha puesto de manifiesto que es posible aprender de las experiencias de nuestro pasado, y que algunas de sus propuestas pueden seguir vigentes en el presente y sirven como recursos para el profesorado.

El Proyecto CIB es un ejemplo de que el tratamiento de textos científicos en el aula es un recurso muy rico para presentar una visión no distorsionada de las ciencias, tanto de su historia como de temas actuales, y que permite acercar los científicos a los alumnos y motivarlos en su aprendizaje.

Uno de sus aciertos es que los textos no se plantean como anexos o al final de los temas, sino integrados en el conjunto de la programación del curso. Sirven de apoyo para las explicaciones teóricas y los comentarios de texto son una actividad más, relacionada con el resto del mismo tema. De este modo, es posible y deseable plantear un enfoque didáctico que ofrezca variedad de actividades y fomente un papel activo del alumnado.

Los cambios legislativos en España desde 1970 hasta la fecha hacen que hoy en día no sea posible aplicar todo el proyecto; sin embargo, la lectura comprensiva de textos sí está recogida en la legislación actual. Además, el aprendizaje de las ciencias que es posible extraer de la mayoría de estos textos seguirá vigente sea cual sea el plan educativo. Para ello, hay que emplear cada texto en el tema y curso correspondientes según el currículo oficial vigente del momento.

Finalmente, es preciso recordar que este proyecto no es el único que se ha elaborado. Es necesario analizar otros proyectos nacionales e internacionales que presenten una alternativa a la enseñanza tradicional de las ciencias, para conocer nuestro pasado con vistas a su posible aplicación y adaptación en el presente y futuro.

# Modelos explicativos sobre el concepto de infarto al miocardio

Giovanni García Castro

*Universidad Tecnológica de Pereira, Grupo de Investigación GIRUS, Colombia, 00576-3137228*
giovalinore@utp.edu.co

Francisco Javier Ruiz Ortega

*Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. 00576-8781500 ext-12234*
francisco.ruiz@ucaldas.edu.co

**Palabras clave:** Ciencias de la Salud, Aprendizaje Basado en Problemas, modelos explicativos.

**Keywords:** Health Sciences, Problem Based Learning, explanatory models.

**Resumen**

El presente estudio se orientó hacia la identificación de los modelos explicativos sobre Infarto Agudo del Miocardio (IAM) en estudiantes de ciencias de la salud, así como a identificar los cambios que ocurren en estos al implementar el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Se realizó un estudio de tipo descriptivo con análisis comprensivo, luego de lo cual se identificaron cuatro modelos explicativos: sentido común, anatómico-tisular, celular-funcional y biológico-metabólico. Tras la intervención se logró evidenciar en los estudiantes una evolución sustancial de estos modelos; lo que permite vincular al ABP como estrategia didáctica a la evolución conceptual de los estudiantes y la hace relevante para la enseñanza de las ciencias.

**Abstract**

The present study was aimed at identifying the explanatory models of acute myocardial infarction in students of health sciences and to identify changes that occur in these by implementing problem-based learning. Descriptive study was conducted with comprehensive analysis, after which four explanatory models were identified: Common Sense, Anatomic- tissue, functional and Biological Cell and Metabolic. After the intervention was achieved in students demonstrate a substantial evolution of these models; allowing links the PBL as a teaching strategy to the conceptual development of students and makes it relevant to science education.

## INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias de la salud se ha sustentado esencialmente en la transmisión de conocimientos, primero empíricos y luego científicos, de maestros a discípulos, es decir, desde expertos en un área disciplinar a legos, con el apoyo imprescindible del conocimiento experiencial, adquirido mediante el contacto e interrelación con el paciente y su historia, y el experimental, logrado mediante la investigación científica del campo específico o sus referentes epidemiológicos; lo cual, luego de años de formación, permite dotar a dichos aprendices de los conocimientos, experiencias, destrezas y actitudes necesarias para el buen ejercicio profesional (Díaz, 2011[1]). Las ciencias de la salud se han construido sobre la base de la ciencia positivista tratando de interpretar los fenómenos y explicar su origen, efecto y consecuencias por medio de teorías científicas (Torres, 2010[2]); de la misma manera, la enseñanza tradicional de la medicina y áreas afines se ha enmarcado en esta visión técnico-científica, relegando a un segundo plano la formación humanística del individuo y su relación con los contextos que rodean este proceso. El método tradicional de enseñanza continúa siendo la práctica docente transmisora de tipo memorístico, mecánico y de repetición de contenidos (Harden, Sowden y Dunn, 1984[3]), donde el docente sigue ejerciendo su posición privilegiada como experto y utiliza modelos basados en la exposición, más que en la construcción de actividades participativas que propicien el razonamiento científico por medio de la argumentación, que promueva la apropiación de los conceptos específicos y que busque comprender la racionalidad de la ciencia facilitando el pensamiento crítico (Sardá y Sanmartí, 2000[4]).

Con el advenimiento de la sociedad informática y más específicamente con las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC), ha surgido la necesidad de transformar la práctica educativa en todos los campos, incluido el de la salud, donde el docente debe adaptar su metodología a las nuevas tendencias y recursos, que a su vez reflejan las diversas maneras que los estudiantes tienen de abordar los conceptos (Salinas, 2004[5]). Asimismo, las nuevas propuestas didácticas privilegian la construcción del conocimiento y la evolución conceptual de los estudiantes, por encima del aprendizaje mecánico y memorístico, lo cual permite la comprensión de los fenómenos, la aplicación de los conocimientos en diferentes contextos y la progresión de su desarrollo formativo (Pozo, 1999[6]).

La forma tradicional de enseñanza de las ciencias ha sido fructífera por varios siglos y en determinadas áreas de la formación en salud es un modelo vigente, donde es difícil cuestionar su utilidad y efectividad, dados los resultados favorables en algunos campos. No obstante, un aprendizaje enfocado en la resolución de problemas con escenarios que propicien la argumentación, sería preferible en vista de la importancia de estas competencias a la hora de evidenciar cambios cognitivos y aplicabilidad de los conceptos enseñados (Ruiz, Tamayo y Márquez, 2014[7]).

---

[1] DÍAZ, D. P. (2011). Una visión sucinta de la enseñanza de la medicina a través de la historia. *IATREIA,* vol. 2, pp. 207-214.

[2] TORRES, M. I. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias *versus* las nuevas tendencias educativas. *Revista Electrónica Educare*, vol. XIV, núm. 1, pp. 131-142.

[3] HARDEN, R.; SOWDEN, S. y DUNN, W. (1984). Educational Strategies in Currículum Development. *Medical Education*, pp. 284-97.

[4] SARDÁ, J. y SANMARTÍ, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente, un reto en clase de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, pp. 405-422.

[5] SALINAS, J. (2004). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. *Revista Universidad y sociedad del conocimiento*, vol. 1, n.º 1.

[6] POZO, J. I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las ciencias,* vol. 17, n.º 3, pp. 513-520.

[7] RUIZ, F. J.; TAMAYO, O. y MÁRQUEZ, C. (2014). Cambio en las concepciones de los docentes sobre la argumentación y su desarrollo en clase de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, vol. 32, n.º 3, pp. 53-70.

Desarrollar la argumentación en el aula es propiciar el entendimiento de los conceptos científicos relacionados con el campo médico, que resulta de involucrar cada vez más al estudiante en el uso de instrumentos conceptuales y experienciales, que al mismo tiempo promuevan la comprensión de la racionalidad propia del saber científico (Sardá y Sanmartí, 2000).

Según Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante (2003[8]) podríamos entender la argumentación: «Como la capacidad de relacionar datos y conclusiones, de evaluar enunciados teóricos a la luz de enunciados empíricos o procedentes de otras fuentes, siendo el razonamiento argumentativo relevante para la enseñanza de las ciencias, ya que uno de los fines de la investigación científica es la generación y justificación de enunciados y acciones encaminadas a la comprensión de la naturaleza».

En los últimos años se ha cuestionado seriamente la efectividad y la eficacia del modelo tradicional de enseñanza de las ciencias de la salud y se han generado múltiples debates en torno a su pertinencia. Fruto de estas discusiones, algunas instituciones de educación superior han propuesto interesantes innovaciones curriculares, tanto en los aspectos filosóficos y psicológicos que fundamentan el proceso educativo como en la expresión práctica y metodológica del trabajo directo de docentes y estudiantes en el aula. Entre diversos modelos de instrucción diseñados, ha resultado particularmente exitoso como estrategia didáctica el método desarrollado principalmente en la Universidad Canadiense de McMaster, conocido como Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) (Rodriguez, 2004[9]). Este tipo de aprendizaje se ha constituido como una innovación significativa en la educación médica, ya que promueve la argumentación en torno a temas de interés y facilita la apropiación de conocimientos científicos relevantes para el estudiante (Barrows, 2000)[10].

La práctica docente en el campo de la ciencia se relaciona de múltiples maneras con la concepción que los profesores tienen sobre esta, así como de la reflexión y comprensión de su ejercicio profesional y el proceso de enseñanza en el ambiente escolar (Ruiz, Tamayo y Márquez, 2014). Fruto de estas relaciones de tipo epistemológico, procedimental y teleológico entre el saber científico y el saber escolar, se logra constituir un conocimiento particular que trata de acercar el complejo lenguaje de la ciencia al contexto del estudiante, donde luego de la apropiación de los conceptos, logra comprender su sentido y darle una aplicación práctica real. Esta particular construcción de conocimiento y de interacción se refleja en la denominada ciencia escolar (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003[11]) y en las estrategias que se aplican para enseñar de manera significativa en los diferentes ambientes y niveles de formación, constituyendo una didáctica propia de las ciencias, que aporta por sí misma, al diseño de una ciencia que se aprende (Izquierdo, 2007[12]). Los docentes son actores fundamentales en la creación del escolar, adecuándolo y transformándolo para hacerlo enseñable, siendo válido una vez es propuesto, discutido y apropiado por los estudiantes, en palabras de Chevallard (1998[13]) citado por Pinilla y Moreno (2015[14]) «el maestro hace la transposición didáctica para hacer el conocimiento comprensible con el fin de facilitar el aprendizaje y la apropiación de conceptos».

---

[8] Jiménez Aleixandre, M. D. y Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las ciencias*, vol. 21, n.º 3, pp. 359-370.

[9] Rodríguez, J. (2004). *Aprendizaje basado en problemas.* México: Panamericana.

[10] Barrows, H. (2000). *Problem-Based Learning Applied to Medical Education.* Southern, Illinois, Southern Illinois University.

[11] Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education,* 12(1), pp. 27-43.

[12] Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las ciencias sociales, 6*, 125-138.

[13] Chevallard, Y. (1998). *La transposicion didáctica: del saber sabio al saber enseñado.* Buenos aires, Aique.

[14] Pinilla, A. E. y Moreno, T. (2015). El papel del conocimiento escolar universitario. *Acta Médica Colombiana,* 40(3), pp. 241-245.

En este contexto cobra relevancia el aprendizaje a través de modelos, entendidos como «conocimientos escolares idealizados sobre la realidad que nos permiten comprenderla e interactuar con ella, tanto en las clases de ciencias como en la vida personal» (Aragón, Oliva y Navarrete, 2012[15]).

La explicación científica de los fenómenos de la vida cotidiana ha sido necesaria para la construcción del conocimiento científico (Giere, 1992[16]) y la consolidación de comunidades de estudio en diferentes campos disciplinares, lo cual ha propiciado el desarrollo de la modelización científica escolar (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003). La explicación de un concepto, necesariamente requiere de su comprensión y de cierta manera de la apropiación de este en la estructura cognitiva del individuo.

De acuerdo con la modelización científica, para hacer explícito un concepto se debe elaborar una representación mental del fenómeno, para así poder comprender y luego explicar algún aspecto determinado de la realidad, y cómo este se puede ver influido por otros procesos subyacentes (Camacho y Otros, 2012[17]). Este proceso de modelización, en sí mismo, se convierte en fuente de conocimiento y en objeto de estudio, ya que al estar incluido en la reflexión permanente del docente y en su planificación didáctica, se convierte en un aspecto fundamental que permite entender el tránsito gradual de los conceptos científicos desde las ideas previas de los estudiantes, pasando por su transformación, hasta la reconstrucción mental basada en lo aprendido (Ruiz, Tamayo y Márquez, 2015[18]).

Por su parte, los estudiantes, al construir sus modelos explicativos, seleccionan los elementos que considera relevantes y desechan otros, creando relaciones que les permiten incorporar los nuevos conceptos a su lenguaje cotidiano, es decir, hacerlo explícito y manifiesto; o en palabras de Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001, p. 233[19]), «Crear herramientas de representación teórica del mundo para explicarlo, predecirlo y transformarlo, desde la ciencia erudita hasta la ciencia escolar» creando un lenguaje propio y validado en el contexto.

Un modelo explicativo de tipo científico es una representación de la realidad en algún medio simbólico que permite pensar, hablar y actuar en torno de un concepto abstracto, a la cual se llega por medio de la interacción escolar (Adúriz-Bravo y Izquierdo, 2009[20]).

## METODOLOGÍA

Esta investigación se orientó hacia la identificación de las concepciones de los estudiantes sobre el infarto agudo del miocardio por medio de la caracterización de sus modelos explicativos; posteriormente se buscó reconocer los cambios que ocurren en estos al implementar el Aprendizaje Basado en Problemas.

Se realizó un estudio de tipo descriptivo con análisis comprensivo en estudiantes de tercer semestre del programa Tecnología en Atención Prehospitalaria de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. El

---

[15] ARAGÓN, M. D., OLIVA, J. M. y NAVARRETE, A. (2012). Evolución de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico a través de una propuesta didáctica con analogías. *Enseñanza de las Ciencias,* 31(2), pp. 9-30.

[16] GIERE, R. (1992). *Understanding Scientific Reasoning.* Chicago, Holt Rinehart, Winston.

[17] CAMACHO, J. P.; JARA, N.; MORALES, C.; RUBIO, N.; MUÑOZ, T. y RODRÍGUEZ, G. (2012). Los modelos explicativos del estudiantado acerca de la célula aucarionte animal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias,* 9(2), pp. 196-212.

[18] RUIZ, F. J.; TAMAYO, O. E. y MÁRQUEZ, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educacao e pesquisa,* 41(3), pp. 629-245.

[19] GALAGOVSKY, L. y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001). Modelos y analogías de enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias,* 19(2), pp. 231-242.

[20] ADÚRIZ-BRAVO, A. e IZQUIERDO, M. (2009). A model of scientific model for science teaching. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, pp. 1-10.

estudio se desarrolló en tres momentos. El primero, la caracterización de los modelos explicativos de los estudiantes del concepto infarto del miocardio, mediante un cuestionario sustentado en problemas. El segundo, la implementación del ABP como estrategia didáctica e intervención de los modelos explicativos. El tercero, la segunda aplicación del cuestionario para identificar cambios en los modelos explicativos.

Para ello se plantearon casos clínicos relacionados con el tema y luego, durante sesiones de trabajo colectivo y de discusión, se recolectó la producción textual de cada uno de los estudiantes participantes; la información obtenida se transcribió en un instrumento de análisis que fue diseñado para este estudio, validado por expertos y sometido a prueba piloto. Mediante análisis de contenido se identificaron y codificaron las palabras que describían las ideas y concepciones que cada estudiante tenía acerca del fenómeno (Bardin, 1996[21]) (López, 2002[22]). Posteriormente se agruparon según sus características y su relación con el concepto, obteniendo unas categorías iniciales que emergen de lo expresado por los participantes y que se constituyen en categorías de análisis de los textos (codificación abierta y axial) (Goetz y LeCompte, 1988[23]). Luego del análisis de contenido de los momentos 1 y 3, se buscó ubicar a cada estudiante en un modelo explicativo según sus concepciones.

## Resultados

Luego de la recolección de los datos en los diferentes momentos, se realizó un análisis de contenido tratando de identificar palabras y frases con sentido que dieran cuenta de las ideas que cada estudiante expresaba en torno al concepto planteado en el marco del caso y el escenario problema.

En la *tabla 1* se aprecia la organización de la información obtenida en el análisis preliminar de los textos y su agrupación en categorías.

Luego de este ejercicio se obtuvieron cuatro categorías que describen los modelos explicativos de los estudiantes sobre IAM.

- Sentido común (SC): considera una enfermedad que se asocia a algunos factores de riesgo y que pone en peligro la vida y la integridad de quien la padece, la explicación no se refiere a procesos biológicos, circulatorios o metabólicos.
- Anatómico/tisular (AT): considera una enfermedad causada por la obstrucción del flujo de sangre en una región del miocardio con el consecuente daño del mismo. Contempla que el daño causado por el evento es una lesión del tejido cardiaco, entendiendo la organización celular y la dinámica tisular, así como los conceptos relacionados con el sistema circulatorio desde el punto de vista anatómico y estructural.
- Celular/funcional (CF): considera una situación clínica en la cual existe un compromiso de la función del corazón como órgano fundamental en la homeostasis general. La explicación se refiere no solo al daño del tejido por déficit del flujo, sino que incluye conceptos que relacionan la función de la célula y su dinámica particular, como el papel de la membrana celular y el intercambio iónico a través de esta. Todo ello relacionado con la explicación del fenómeno, las manifestaciones clínicas y los métodos diagnósticos más relevantes (Bases del ECG y marcadores de daño cardiaco).
- Biológico/metabólico (BM): considera una condición que resulta de la interacción de múltiples factores biológicos, bioquímicos y metabólicos que conllevan a lesión miocárdica. La explicación incluye una relación entre el evento coronario agudo y procesos inflamatorios endoteliales, inmunitarios y degenerativos que conducen a un estado patológico crónico, pero susceptible de ser intervenido.

[21] Bardin, L. (1996). *Análisis de contenido* (2.ª ed.). Madrid, Akal.

[22] López, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. (U. d. Huelva, Ed.) *Revista de educación, 4, pp.* 167-179.

[23] Goetz, J., y LeCompte, M. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa.* Madrid, Morata.

| Palabra | Código | Descripción | Categoría de análisis |
|---|---|---|---|
| Taponamiento | Tp | Referido a una obstrucción inespecífica | Sentido común |
| Mortal | Mt | Siempre causa la muerte | |
| Hábitos | Hb | Conductas y costumbres de las personas | |
| Factores de riesgo | Fr | Factores que propician enfermedades | |
| Grasa | Gr | Lípidos | |
| Delicado | D | Estado grave de salud | |
| Desgaste | Dg | Se refiere a disfunción o daño por uso | |
| Cansado | Cs | Fatiga o debilidad | |
| Flujo de sangre | Fs | Paso de sangre por los vasos sanguíneos | Anatómico / tisular |
| Obstrucción | Ob | Obstrucción de un vaso sanguíneo | |
| Isquemia | Is | Lesión del tejido por disminución del flujo sanguíneo | |
| Músculo | Ms | Tejido muscular | |
| Tejido | Tj | Organización celular | |
| Miocardio | Mc | Músculo cardiaco | |
| Vasos sanguíneos | Vs | Sistema de conducción de sangre | |
| Coronarias | Cr | Vasos sanguíneos del corazón | |
| Hipoxia | Hx | Disminución de oxígeno | Celular / funcional |
| Necrosis | Nc | Muerte celular | |
| Membrana | Mb | Membrana celular | |
| Canales | Cn | Canales iónicos de membrana | |
| Eléctrico | El | Potencial eléctrico | |
| Bombeo | B | Corazón como bomba | |
| Distribución | Dt | Transporte de sangre a los órganos | |
| Función | Fc | Funcionamiento del corazón como bomba | |
| Mecánico | Me | Movimiento por fuerza | |
| Shock | Sk | Lesión de órganos por hipoxia | |
| Ateromatosis | At | Formación de placa ateromatosa | Biológico / metabólico |
| Placa | Pl | Placa de ateroma | |
| Trombo | Tr | Formación de fibrina | |
| Químico | Q | Referente a sustancias o compuestos con propiedades específicas | |
| Plaquetas | Pt | Célula hemostática, base del coágulo | |
| Macrófagos | Mg | Célula inmunitaria | |
| Inflamación | In | Reacción tisular a un agente agresor | |

*Tabla 1.* Análisis preliminar del contenido textual, codificación e identificación de categorías de análisis.

Por otro lado, durante el abordaje del IAM como pretexto para analizar los niveles de argumentación de los participantes, se obtuvieron sus impresiones en torno al fenómeno en estudio. Según las categorías de análisis observadas en la *tabla 1*, se logró la caracterización del modelo en el cual cada estudiante se ubica.

Durante el primer momento de análisis se propusieron las siguientes preguntas: «Con respecto a su diagnóstico» ¿por qué creería que el estado de salud de este paciente podría complicarse? ¿Qué explicación sobre esta enfermedad daría al paciente y a su familia?

Un ejemplo de respuesta es E4, que expresa:

| Datos de E4 | Código | Categoría |
|---|---|---|
| *Esta enfermedad puede ser mortal, porque el paciente está en una situación muy delicada y no podría ser muy satisfactoria la recuperación, ya que es un paciente con un cuadro clínico muy malo. A su familia le diría que el paciente se encuentra delicado de salud, ya que es posible que tenga un infarto por sus hábitos de vida.* | Mt<br>D<br>D<br>Hb | Sentido común |

En este caso se puede identificar que su narración se concentra en la explicación del fenómeno como un evento mortal relacionado con hábitos de vida poco saludables, que además implica un «delicado estado de salud», no hace referencia al fenómeno circulatorio u obstructivo y mucho menos a componentes celulares o funcionales.

Otro ejemplo es E12, que refiere:

| Datos de E12 | Código | Categoría |
|---|---|---|
| *La complicación radica en que puede ser potencialmente mortal, porque el infarto agudo del miocardio es causado por obstrucción de los vasos sanguíneos y esto ocasiona que el músculo donde se presentó el infarto muera y el corazón no funcione eficientemente.* | Mt<br>Ob<br>Vs<br>Ms | Anatómico/ tisular |

En este caso podemos apreciar que, si bien existen ideas que se refieren a la fatalidad del cuadro, ello se relaciona con la causalidad expresada por E12, donde tiene en cuenta el fenómeno obstructivo de los vasos sanguíneos y su relación con la lesión del músculo, además finaliza nombrando la función cardiaca como un factor que se podría ver afectado por la condición propuesta en el caso; por ello este estudiante se ubica en el modelo anatómico/tisular.

En la *tabla 2* se evidencia que la mayoría de estudiantes se ubican en el modelo del sentido común y que algunos otros lo hacen en el modelo anatómico/tisular; ninguno se ubicó en las demás categorías.

| Categoría | Subcategoría | N.° de estudiantes | % |
|---|---|---|---|
| Modelos explicativos de IAM | Sentido común | 11 | 68,75% |
| | Anatómico/tisular | 5 | 31,25% |
| | Celular/funcional | 0 | 0% |
| | Biológico/metabólico | 0 | 0% |

*Tabla 2.* Resultado de los modelos explicativos en el análisis textual del momento 1 de los estudiantes participantes.

Luego de la intervención y la implementación del ABP en relación al concepto IAM, se llevó a cabo una nueva sesión de discusión, donde se tomaron nuevos datos, obtenidos de la producción textual de los

estudiantes participantes. Durante esta fase se analizó la información teniendo en cuenta las categorías resultantes del análisis preliminar.

Los estudiantes, luego del desarrollo del caso, contestaron unas preguntas en relación al nuevo caso: ¿por qué la enfermedad isquémica coronaria es considerada de alto impacto en salud?, ¿de qué manera se podría explicar a la comunidad el impacto de esta condición en salud?

La *tabla 3* muestra el resultado del análisis en el momento 3, donde se observa un cambio sustancial en los modelos explicativos de los estudiantes.

| Categoría | Subcategoría | N.° de estudiantes | % |
|---|---|---|---|
| Modelos explicativos de IAM | Sentido común | 0 | 0% |
| | Anatómico/tisular | 9 | 56,25% |
| | Celular/funcional | 7 | 43,75% |
| | Biológico/metabólico | 0 | 0 |

*Tabla 3.* Resultado de los modelos explicativos en el análisis textual del momento 3 de los estudiantes participantes.

Lo primero que debemos anotar es que en todos los casos se notó una evolución en cuanto a los conceptos que cada estudiante expresa sobre el fenómeno en estudio. Lo anterior se evidencia en un cambio en los modelos explicativos de cada uno de los participantes, notándose una transición entre los modelos, pasando siempre a uno más complejo en comparación con el momento 1 del análisis.

Para ello se muestra la producción textual de E1, quien en el momento 1 fue incluido en la categoría del SC.

| Datos de E1 | Código | Categoría |
|---|---|---|
| *El infarto agudo de miocardio (IAM) forma parte de lo que conocemos como síndromes coronarios agudos (SCA), que son la cardiopatía isquémica. La* aterosclerosis *puede evolucionar de forma lenta y crónica, dando lugar a la* obstrucción *progresiva de una* arteria coronaria *por evolución acelerada cuando una* placa ateroma *se rompe o se ulcera y genera un* trombo intraluminal *que puede ser más o menos estable dependiendo de ello, tendremos una angina inestable (trombo lábil o un infarto de miocardio) (trombo estable),* hipoxia*, hipertensión. El tiempo produce* necrosis*. Una buena consecuencia de la necrosis es la* inestabilidad eléctrica *que provoca, dando lugar a arritmias como fibrilación ventricular. El IAM es un cuadro clínico producido por la muerte de una porción del* músculo *cardiaco que se produce cuando se destruye completamente una* arteria coronaria*. Cuando se produce la* obstrucción *se suprime el aporte sanguíneo. Si el* músculo cardiaco *carece de oxígeno durante demasiado tiempo, el tejido de esa zona muere y no se regenera».* | At<br>Ob<br>Vs<br>At<br>Tr<br>Nc<br>El<br>Nc<br>Ms<br>Vs | Celular/funcional |

En este texto se puede evidenciar la presencia de conceptos que forman parte de una explicación mucho más elaborada, donde aparecen elementos del modelo celular/funcional y denotan la comprensión de fenómenos celulares como las propiedades eléctricas de la membrana, el intercambio iónico a través de esta, así como el metabolismo celular dependiente de oxígeno. Por otro lado se encuentra explícito el componente funcional cardiaco y su rol en la homeostasis general.

Se observa, además, la aparición de elementos conceptuales del modelo AT que son relevantes y necesarios para la explicación dentro de un modelo más complejo.

Es de notar, además, que E1 aporta conceptos propios del modelo BM sin ser contundente con estos como para su ubicación en esta categoría, como cuando expresa: «dando lugar a la obstrucción progresiva

de una arteria coronaria por evolución acelerada cuando una placa ateroma se rompe o se ulcera y genera un trombo intraluminal que puede ser más o menos estable», nótese como E1 utiliza conceptos como «ateroma» o «trombo» que son parte de una explicación desde lo metabólico y lo bioquímico, lo cual denota, además de un mayor manejo del tema, una mayor profundidad de los conceptos científicos relacionados.

Vemos entonces que E1 inicia en el modelo SC con algunos elementos de AT, para luego ubicarse en CF con algunos elementos del modelo BM, con lo cual se nota un cambio, tanto en su concepto del fenómeno, como en la manera en que lo hace explícito en su texto.

Por otro lado, en algunos de los participantes, se notó una evolución más discreta pasando de un modelo a otro sin mostrar alguna evolución adicional en su conceptualización.

## Conclusiones

Luego del análisis de los resultados, se evidencia una notable evolución de los modelos explicativos de los estudiantes participantes, donde todos dejan ver cambios hacia modelos más complejos. Si bien ninguno logró llegar al modelo BM, algunos evidenciaron una transición hasta este.

Se observa, además, que los cambios entre un modelo y otro son graduales, evolutivos y dinámicos, y que es necesario transitar cada uno para lograr un nivel superior en la explicación.

En vista de los resultados, se puede relacionar la estrategia de ABP con un cambio sustancial en los modelos explicativos de los estudiantes en torno al tema IAM, con lo cual se podría afirmar que este tipo de ejercicios de aula promueven un cambio de tipo conceptual en los estudiantes.

# La utilización de modelos en la enseñanza de las ciencias experimentales: el géiser

A. García Ruiz

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

**Palabras clave:** Modelos, géiser, enseñanza, ciencias experimentales.

**Keywords:** Models, geysers, teaching, experimental sciences.

**Resumen**

El modelo se puede definir como una serie de realizaciones que sirven durante una época de ciencia normal, es decir, término que indica una de las fases por la que un paradigma se establece como principal forma de trabajo de una comunidad científica. Durante el periodo de ciencia normal, los científicos se dedican al fortalecimiento de este por medio de experimentaciones y verificaciones de los postulados principales del mismo (Kuhn, 2006). También se admite que un modelo es una construcción imaginaria y arbitraria de un conjunto de objetos o fenómenos.

El objetivo de la actividad consistió el realizar modelos (maquetas) para simular el funcionamiento de los géiseres, para diferenciarlo de las fumarolas y los lodos termales.

Los modelos los realizamos en la asignatura de didáctica de las ciencias experimentales, de 3.º de Magisterio.

Como punto de partida, utilizamos noticias sobre el géiser surgido en la zona del Campo de Calatrava, ayudándonos con el uso de vídeos y esquemas.

Las maquetas confeccionadas fueron diversas, pasando de algunas muy sencillas, constituidas por una botella y un recipiente con agua caliente, hasta otras más complejas en las que simulación era muy parecida a la realidad.

**Summary**

The model can be defined as a number of embodiments which serve during a time of normal science to define legitimate problems and methods in a specific field of research. It is also recognized that a model is an imaginary and arbitrary construction of a set of objects or phenomena.

The aim of the activity was performing models (models) to simulate the operation of geysers, to differentiate it from the fumaroles thermal sludge.

The models perform in the course of teaching of experimental sciences, 3rd year of teaching.

As a starting point, we use the geyser news emerged in the area of Campo de Calatrava, helping us with the use of videos and diagrams.

The models made were diverse, from some very simple, consisting of a and a container ad botller and with hot water, to more complex simulation in which was very similar to reality.

## Introducción

En una época en la que estamos viviendo la aplicación de reformas del sistema educativo, hay algunas cuestiones que siguen siendo claves en el ámbito de la educación, en cuanto que su planteamiento y las respuestas correspondientes serían piezas maestras de la construcción educativa.

La mayoría de estas cuestiones se pueden incluir en una cuestión más amplia e integradora: ¿qué modelo didáctico consideramos adecuado como instrumento de análisis y de intervención de la realidad educativa?

Cualquier intento de renovar la realidad educativa ha de partir de una reflexión, profunda, acerca del tipo de enseñanza que se propone, cuestión que puede ser tratada desde la óptica de qué modelo didáctico se considera deseable.

## Concepto de modelo

Un modelo se entiende como la representación de un referente. Los referentes representados por los modelos pueden ser varias entidades, como objetos, fenómenos, procesos, ideas o sistemas (Oh y Oh, 2011[1]).

Un modelo también se considera como un puente o mediador que conecta una teoría y un fenómeno, ya que ayuda a desarrollar una teoría desde los datos, y pone en relación la teoría con el mundo natural (Gutierrez, 2014[2]).

Un modelo científico, como instrumento para pensar y comunicarse, tiene el propósito de describir, explicar y predecir fenómenos naturales y comunicar ideas científicas a otros.

Estos roles funcionales se potencian expresando los modelos con recursos semióticos no lingüísticos, usando analogías y permitiendo simulaciones mentales y externas del mismo.

La temática de «modelos» y «modelización» en Didáctica de las Ciencias aparece a finales de la década de los 80 (Hestenes, 1987[3]; Halloun y Hestenes, 1987[4]) y principios de los 90 (Gutiérrez y Ogborn 1992[5]; Hestenes, 1992[6]), y va adquiriendo impulso hasta finales de la década (Tiberghien y Megalakaki, 1995[7]; Penner y otros, 1997[8]; Nersessian, 1999[9]).

---

[1] Oh, P. S. y Oh, S. J. (2011), What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33 (8), pp. 1109-1130.

[2] Gutíerrez, R. (2014). Lo que los Profesores de Ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Biografía*, 7 (13), pp. 37-66.

[3] Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *Am. J. of Physics*, 55(5), pp. 440-454.

[4] Halloun, I. A. y Hestenes, D. (1987). Modeling instruction in mechanics. *Am. J. of Physics*, 55(5), pp. 455-462.

[5] Gutiérrez, R. y Ogborn, J. (1992). A causal framework for analysing alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 14(2), pp. 201-220.

[6] Hestenes, D. (1992). Modeling games in the Newtonian World. *Am. J. of Physics*, 60(8), pp. 732-748.

[7] Tiberghien, A. y Megalaki, O. (1995). Characterization of a modelling activity for a first qualitative approach to the concept of energy. *European Journal of Psychology of Education*, 10(4), pp. 369-383.

[8] Penner, D. E.; Giles, N. D.; Leher, R. y Schauble, L. (1997). Building functional models: designing an elbow. *Journal of Research in ScienceTeaching*, 34 (2), pp. 125-143.

[9] Nersessian, N. J. (1999). Model-based reasoning in conceptual change. En Magnani, L.; Nersessian, N. y Thagard, P. (eds.). *Model-based reasoning in scientific discovery.* [Razonamiento basado en modelos en el descubrimiento científico]

Cuando Oh y Oh (2011) hacen su revisión de la literatura, encuentran que la definición de modelo científico está lejos de ser clara en la mayoría de los artículos revisados, de modo que cuando intentan sacar un factor común a todas las definiciones que aparecen, eluden la cuestión de «definir» y optan por utilizar la palabra *significados* al hablar justamente de lo que es un modelo científico (Gutiérrez, 2014).

## El géiser del Campo de Calatrava

Un géiser es un tipo de fuente termal que erupciona periódicamente, expulsando una columna de agua caliente y vapor en el aire. La palabra *géiser* viene de *Geysir*, nombre de una terma en Haukadalur, Islandia.

El famoso «Geysir de Islandia» es el que ha dado el nombre común de géiser a todas las fuentes termales.

La actividad de los géiseres, como toda actividad de fuente termal, es causada por el contacto entre el agua superficial y rocas calentadas por el magma ubicado subterráneamente. El agua calentada geotérmicamente regresa a la superficie por convección a través de rocas porosas y fracturadas.

Los géiseres se diferencian de las demás fuentes termales por su estructura subterránea; muchos consisten en una pequeña abertura a la superficie conectada con uno o más tubos subterráneos que conectan con las reservas de agua.

A medida que el géiser se llena, el agua más superficial se va enfriando, pero debido a lo estrecho del conducto, el enfriamiento conectivo del agua en la reserva es imposible. El agua fría de la superficie, presiona hacia abajo el agua caliente, o ejerce una elevada presión hidrostática sobre el agua caliente, asemejándose a la tapa de una olla a presión, haciendo que el agua de reserva se sobrecaliente, manteniendo el líquido a temperaturas superiores a su punto de ebullición.

### Aparición de un géiser en el Campo de Calatrava

La tranquilidad del campo manchego se ha visto alterada por una insólita columna de agua, gas y arena de treinta metros de altura que desde hace casi dos meses brota con fuerza en un pequeño pueblo de Ciudad Real. La aparición ha abierto un debate sobre el origen de este fenómeno natural y las consecuencias que provocará su popularidad. Los expertos no se atreven a predecir cuánto puede durar. Granátula de Calatrava, un pequeño pueblo agrícola de la provincia de Ciudad Real, se ha convertido en lugar de peregrinación desde que el pasado 25 de julio un espectacular chorro de agua y arena de miles de litros por hora comenzó a manar en una finca de viñedos, impulsado hasta una altura constante de 30 metros. El insólito fenómeno, al que popularmente ya se le conoce como «el géiser de La Mancha» a pesar de ser un hervidero de gas carbónico, se produjo cuando, a raíz de unos trabajos de prospección de un viejo pozo de riego, se perforó un acuífero confinado que contiene anhídrido carbónico ($CO_2$).



*Figura 1.* Géiser de la Mancha www.flickr.com

(pp. 5-22). NY: KluwerAcademic/PlenumPublishers.

## Modelo didáctico de un géiser

Construir un modelo didáctico de géiser es algo sencillo, basta con coger una botella, echarle agua con colorante, poner una pajita dentro de la botella y sellar bien la boca de la botella.

Luego cogeremos un recipiente con agua, introduciremos la botella dentro y lo pondremos a calentar, hasta que el agua del recipiente hierva.

Seguidamente veremos cómo, al calentarse el agua de la botella, sale a presión por la pajita, imitando el efecto de un géiser.

Aunque los alumnos realizaron varios modelos de géiseres, hemos seleccionado el que consideramos como mejor modelo.

Para la fabricación de este modelo, los alumnos cogieron un recipiente de plástico y en el fondo pusieron arena, para simular la corteza terrestre.

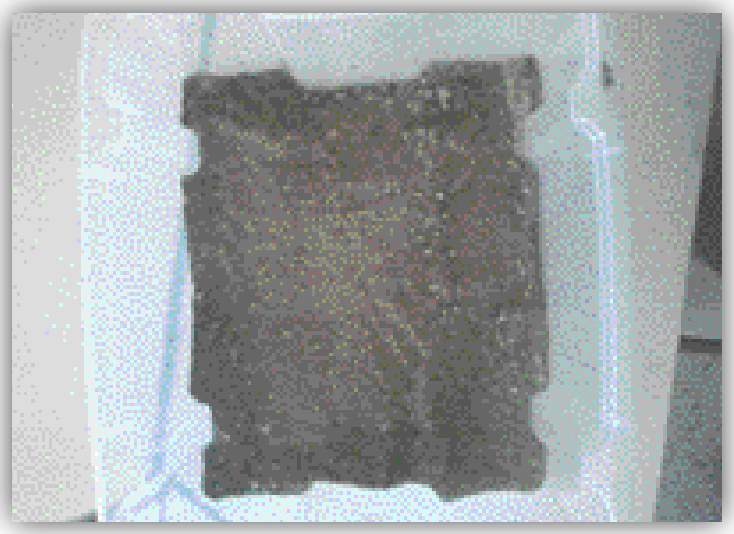


*Figura 2.* Parte basal del modelo.

Seguidamente construyeron el simulador de géiser con un tretabrik, una botella de agua y una pajita, poniéndolos dentro de la caja grande.



*Figura 3.* Introducción del simulador de géiser.

Luego, para seguir simulando la corteza terrestre, añadieron piedras, que simulaban la roca madre.

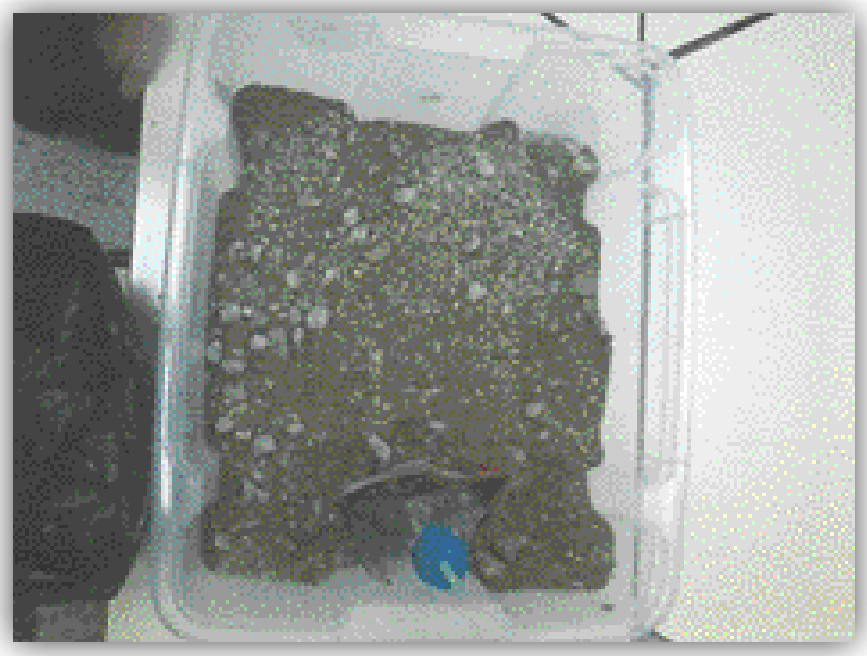


*Figura 4.* Simulación de la capa de roca madre.

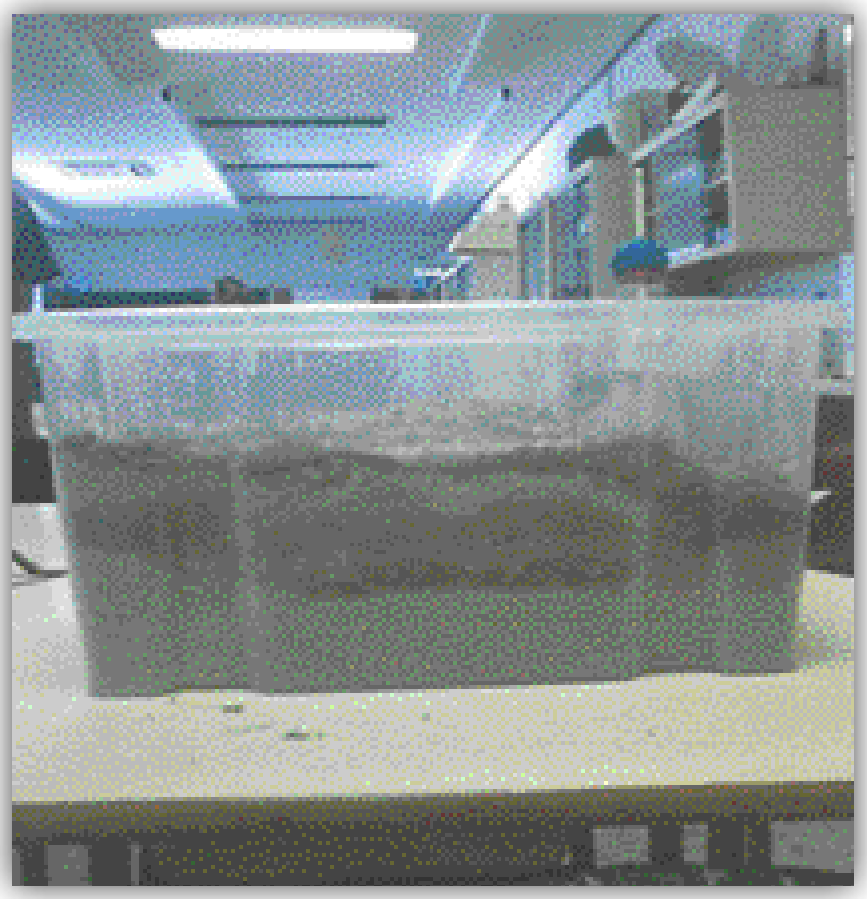


*Figura 5.* Vista lateral del modelo.

Finalmente, añadieron vegetación, simulando la capa superficial del suelo.



*Figura 6.* Vista lateral del modelo de géiser.

Una vez construido el modelo, hirvieron agua y la añadieron al tetrabrik, al calentarse la botella de agua, contenida en él, subió un poco de agua con espuma, simulando el géiser.

## Conclusiones

Consideramos que ha sido una experiencia muy positiva, ya que, como futuros profesores, transmitir el funcionamiento de un géiser puede ser complicado, de esta forma pueden ver el funcionamiento fácilmente, con lo que mejoramos la comprensión de fenómenos naturales.

Creemos que con este tipo de actividades incrementamos el valor didáctico del proceso de enseñanza-aprendizaje, con la elaboración y manipulación de los modelos.

Finalmente queremos señalar el valor positivo de este tipo de actividades, cuando desde un punto de vista inicial, nos parece que tienen un carácter subjetivo por la temática y la posible comprensión de la misma.

# Titular después de los… Escuelas de adultos, una apuesta de futuro

Lourdes Jiménez Taracido, Daniela Baridon Chauvie

*Universidad Internacional de La Rioja (Unir). Gran Vía Rey Juan Carlos I, 41*
*26002 Logroño, La Rioja (España)*
lourdes.jimenez@unir.net / daniela.baridon@unir.net

**Palabras clave:** Comprensión lectora, educación para adultos, competencias.

**Keywords:** Reading comprehension, adult education, skills.

**Resumen**

Se presentan los avances de la investigación realizada con 145 alumnos de un centro de Educación Secundaria para Personas Adultas (ESPA) de Castilla-La Mancha, para medir el constructo de la comprensión lectora de este grupo de alumnos. Se utilizaron dos instrumentos, un *screening* inicial que permitió caracterizar la muestra en cuatro cuartiles de rendimiento (muy débil, débil, suficiente y óptimo) y establecer un puntaje alerta para identificar sujetos con problemas severos de comprensión; y una segunda prueba que permitió medir la competencia lectora (CompLEC). Los resultados evidencian dificultades en la comprensión lectora de gran parte de la muestra. La correlación entre los resultados de ambos instrumentos fue estadísticamente significativa ($r = 0{,}657$; $p = 0$), lo que ha evidenciado que la prueba rápida es útil para los propósitos que se utilizó y puede ser una herramienta eficaz para el profesor a la hora de diseñar sus estrategias de aprendizaje.

**Abstract**

Advances of the research conducted with 145 students from a center of secondary education for adult persons (ESPA) of Castilla-La Mancha, to measure the construct of the comprehension of this group of students are presented. We used two instruments, an initial screening that allowed to characterize the sample into four quartiles of performance (very weak, weak, adequate and optimal) and establish a score alert to identify subjects with severe problems of understanding; and a second test which allowed to measure the reading competition (CompLEC). The results evident difficulties in the comprehension reading of great part of sample. The correlation between them results of both instruments was statistically significant ($r = 0, 657$; $p = 0$), what has evidenced that the test fast is useful for them purposes that is used and can be a tool effective for the professor at the time of designing their strategies of learning.

## INTRODUCCIÓN

Desde que comenzó la crisis económica en España, el porcentaje de alumnos matriculados en ESPA ha sufrido un gran aumento pasando de 133 000 alumnos en el curso 2007-08 a más de 235 000 alumnos en el curso 2012-13 según el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte[1] (MECD), lo que equivale a un aumento de más del 70 %. Este aumento podría ser una oportunidad para mejorar las tasas de fracaso escolar que continúan siendo en nuestro país, el doble de la media de la Unión Europea según el informe Panorama de la Educación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE[2]), y contribuir al cumplimiento de los objetivos del Tratado de Lisboa 2020.

El perfil del alumno de ESPA ha cambiado de personas maduras con inquietudes culturales a personas de todas las edades, especialmente de entre 18 y 25 años, que abandonaron los estudios de forma prematura y que en la actualidad necesitan titular para acceder a un puesto laboral. Cabe destacar, en este sentido, que quienes acuden a centros de ESPA son aquellos que por diversas razones han vivido de cerca y en etapas educativas anteriores el fracaso escolar. Retoman la educación formal, en general, con grandes dificultades y en desventaja en relación a aquellas personas que no vivieron el fracaso escolar y consiguieron titular en Educación Secundaria Obligatoria (ESO). Con lo cual, la importancia de vivir con éxito esta segunda oportunidad en lo educativo se redobla[3], a la vez que también se redobla el efecto de enfrentar una nueva situación de fracaso. Tanto a nivel personal como social, y evidentemente económico, el fracaso escolar en el ámbito de la ESPA es ampliamente negativo. En este contexto, los resultados indican que el porcentaje de alumnos de ESPA que consigue titular es escaso (dos de cada diez alumnos) y que el porcentaje que abandona o no se presenta es cercano al 41 %[4].

Esta situación justificaría una mejora en las políticas educativas de estas enseñanzas que optimizaran el éxito académico. Sin embargo, a pesar de que las razones para apoyar este tipo de enseñanzas son de peso, la realidad es que la atención que despierta es, en general, escasa. Desde la perspectiva de la investigación educativa casi no hay presencia de estudios centrados en la ESPA y desde el punto de vista legislativo, las leyes anteriores y especialmente la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa, LOMCE[5], confirman «el escaso interés que estas enseñanzas despiertan, a pesar del crecimiento experimentado en el número de alumnos y de contribuir al logro de los objetivos

---

[1] MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2015)(a). *Estadística de las Enseñanzas no universitarias. Curso 2007-2008.* S. G. de Estadística y Estudios del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Disponible en: http://www.mecd.gob.es/dms-static/07248914-72d8-4cd3-8d51-95ce57e75a1f/cifrasd9-10-pdf.pdf [consultado el 30/05/2016].

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2015)(b). *Estadística de las Enseñanzas no universitarias. Curso 2012-2013.* S. G. de Estadística y Estudios del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Disponible en: http://www.mecd.gob.es/dms/mecd/servicios-al-ciudadano-mecd/estadisticas/educacion/indicadores-publicaciones-sintesis/cifras-educacion-espana/2015/D10.pdf [consultado el 30/05/2016].

[2] MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2013). *Panorama de la Educación. Indicadores de la OCDE. Informe español.* Disponible en: http://www.mecd.gob.es/dctm/inee/internacional/panoramadelaeducacion2013informe-espanol.pdf?documentId=0901e72b816996b6 [consultado el 30/05/2016].

[3] FERNÁNDEZ-ENGUITA, M.; MENA, L. y RIVIERE, J. (2010) *Fracaso y abandono escolar en España*. Colección de Estudios Sociales, n.º 29. Barcelona, Fundación La Caixa, p. 17. Disponible en: http://ignucius.bd.ub.es:8180/jspui/bitstream/123456789/932/1/Fracaso%20y%20abandono%20escolar%20en%20Esp.pdf [consultado el 30/05/2016].

[4] ARREAZA, F. (s.f). El fracaso de las enseñanzas de segunda oportunidad en la educación de personas adultas. Argumentos para reescribir la Programación didáctica y la vida del aula. *Competencias* [mensaje en un blog]. Disponible en: http://www.lascompetenciasbasicas.es/index.php/opinion/47-articulos/153-las-ensenanzas-de-segunda-oportunidad.html [consultado el 30/05/2016].

[5] Ley orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Boletín Oficial del Estado, 295, de 10 de diciembre de 2013.

europeos»[6]. Habiendo pasado de un enfoque emancipador de la educación (desarrollo personal) a un enfoque instrumental, cuya única finalidad es la obtención del título y que, en contra de las premisas, da como resultado que no se cumpla con la finalidad de dar una segunda oportunidad, sino que, lejos de ello, se contribuye a la selección y a dificultar la promoción.

Resulta pues de interés general aumentar esfuerzos desde la investigación educativa para tratar de conseguir que este alumnado de segundas oportunidades consiga los objetivos y competencias educativas para asumir los retos de la sociedad.

En este escenario educativo, resulta de interés general trabajar sobre el constructo de comprensión lectora, definido como una competencia clave por la OCDE y que se relaciona con el desarrollo personal, el aprendizaje autónomo, el rendimiento académico, e incluso su mejora se relaciona con aspectos motivacionales tales como el logro de metas, aspectos todos ellos de gran importancia y si cabe más aún cuando se refiere a alumnos de segundas oportunidades. Los estudios realizados en el marco del Programa Internacional para la Evaluación de las Competencias de la población adulta (PIAAC) (a partir de los 16 años) que miden –entre otras– la competencia lectora, y que equivalen al Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos (PISA), arrojan resultados peores que los de PISA, de hecho, el porcentaje de alumnos que cae en el nivel de rendimiento inferior al 1 es más del doble que en la Unión Europea y que la media de la OCDE[7]. Asimismo, bien es sabido en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, que la comprensión lectora es primordial no solo como vehículo cognitivo, sino también como medio para alcanzar objetivos personales, desarrollar capacidades y participar en la sociedad.

El proceso de comprensión lectora puede verse afectado no solo por las características y estructura del texto, sino también por las características individuales del lector, es decir, de los conocimientos y estrategias a los que recurre el sujeto para comprender, retener y aplicar la información que extrae del material escrito.

Comprender un texto implica extraer el significado del mismo y para lograrlo el lector debe construir en la memoria una representación mental de dicho texto, no como un agregado de trozos individuales, sino como una estructura coherente. El lector debe identificar palabras, detectar estructuras sintácticas, conectar entre sí las diversas partes del texto y relacionarlas con su propio conocimiento. El tipo de texto también influye decisivamente en el rendimiento lector, así los textos continuos (expositivos, narrativos, etc.) y no-continuos (gráficos, mapas, formularios, etc.) tienen características estructurales específicas diferentes que demandan estrategias distintas de procesamiento. Los continuos requieren un procesamiento secuencial fijo de principio a fin, que implica relacionar los elementos anteriores con los siguientes para ir formando proposiciones, activando conocimientos previos y construyendo un modelo mental de la situación descrita en el texto. Sin embargo, los textos no-continuos no tienen un patrón de lectura fijo tendiendo su procesamiento inicial a ser más global, siendo tarea prioritaria del lector analizar los elementos icónicos y encontrar la relación entre ellos[8]. Que el profesorado conozca las diferencias y sepa evaluar el rendimiento lector en ambos tipos es de gran importancia en la enseñanza de las ciencias, ya que ambos son frecuentes y las estrategias de aprendizaje que deben ser empleadas para su comprensión también son diferentes.

---

[6] Competencias (2012). Futuro simple bis 3.G. Pasar de Puntillas. El Título I. Las enseñanzas y su ordenación. La educación de personas adultas. 6 Disponible en: http://www.lascompetenciasbasicas.es/index.php/opinion/47-articulos/233-futuro-simple-bis-3-g-la-educacion-de-personas-adultas.html. [consultado el 30/05/2016].

[7] OCDE (2012). Evaluación de Competencias de Adultos (PIAAC). ESPAÑA. Nota País Primeros Resultados, p. 2. Disponible en: http://www.oecd.org/skills/piaac/Country%20note%20-%20Spain%20(ESP).pdf [consultado el 30/05/2016].

[8] Serrano, M.A., Vidal-Abarca, E.; Ferrer, A. (En prensa). Decisiones estratégicas de lectura y rendimiento en tareas de competencia lectora similares a PISA. *Educación XX1*.

Todo esto hace que la evaluación de la comprensión lectora suela resultar compleja y diversa[9] exigiendo tiempos con los que no siempre se cuenta en la dinámica de aula. Lograr una evaluación ágil de la comprensión de los alumnos a este nivel educativo, factible de analizar a corto plazo por parte del centro educativo, para acto seguido tomar decisiones en el plano didáctico que permitan mejorar la comprensión por parte de los alumnos, a la vez que a los procesos de enseñanza-aprendizaje, con el fin último de minimizar el fracaso escolar en contexto de la ESPA, se presenta relevante y urgente.

Ante lo expuesto, los objetivos de nuestra investigación han sido: 1) Evaluar el constructo de la comprensión lectora en alumnos de ESPA de un centro de Castilla-La Mancha; 2) Caracterizar la muestra e identificar casos de alumnos con problemas severos de comprensión.

Se presentan a continuación los avances de la fase 1 de la investigación realizada con 145 alumnos de un centro de ESPA de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, en la cual se busca conocer los niveles de comprensión lectora del grupo de alumnos.

## METODOLOGÍA

Se ha llevado a cabo un estudio descriptivo con una muestra de tipo incidental. La misma ha sido de 145 alumnos de un centro de ESPA de Castilla-La Mancha, de los cuales 65 corresponden a hombres y 80 a mujeres. Las edades oscilan entre los 17 y 57 años, aunque más del 60% de la muestra se concentra entre los 17 y 21 años. En relación a los cursos muestreados, la muestra evaluada se distribuye en los cuatro equivalentes a la ESO que permiten la obtención final del título, según la *figura 1*.

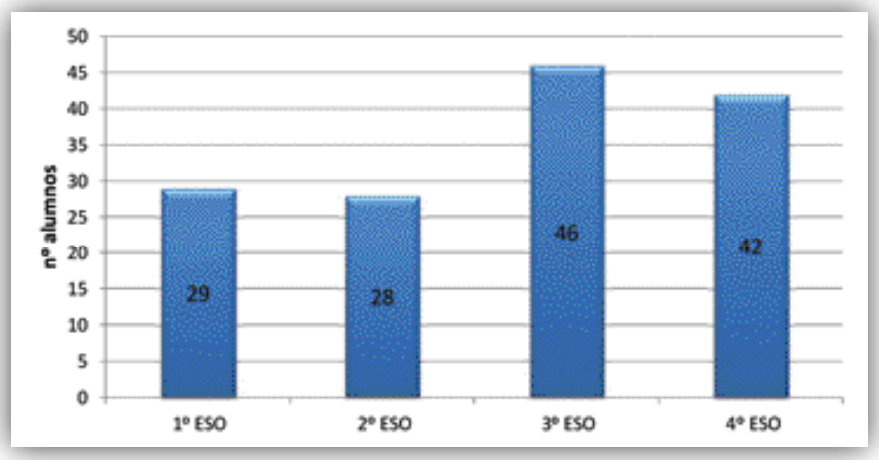



*Figura 1.* Distribución de la muestra según el curso muestreado.

La recogida de datos se realizó mediante dos instrumentos que miden la comprensión lectora desde dos perspectivas diferentes.

Ante la falta de pruebas de detección de rendimiento de comprensión lectora específicas para este tipo de alumnado se consideró que la prueba de *screening* adaptada de Abusamra, Ferreres, Raiter, De Beni y Cornoldi[10] se ajustaba a las premisas iniciales de nuestro estudio al ser sencilla, rápida en su aplicación y análisis, y económica. Esta prueba fue originalmente diseñada para una muestra de 2841 alumnos de secundaria en Argentina, la cual constaba de dos pares de textos, uno de menor de dificultad para alum-

[9] ZORRILLA, M. J. (2005). Evaluación de la comprensión lectora: dificultades y limitaciones. *Revista de Educación*, núm. extraordinario, pp. 121-138.

[10] ABUSAMRA, V.; FERRERES, A.; RAITER, A.; DE BENI, R. y CORNOLDI, C. (2014). *Test Leer para Comprender II. Evaluación de la comprensión de textos.* Argentina, Paidós.

nos del primer ciclo y otro de mayor dificultad para los cursos superiores. Cada texto se acompaña de diez preguntas «múltiple opción» a responder por los alumnos.

Para nuestro estudio, atendiendo a las particularidades de la muestra, en la que el alumnado presentaba mayor edad en todos los casos que la muestra normativa, y con la finalidad de tener un primer diagnóstico, se seleccionó un texto de cada par, es decir, uno de menor dificultad y otro de mayor dificultad, y las preguntas correspondientes en cada texto. Se cubrieron así las dos opciones, obteniendo mayores posibilidades de detectar casos de problemas de comprensión lectora. El primer texto fue de 600 palabras y el segundo, de 400. Cada texto se acompañaba de diez preguntas a responder seleccionando una opción correcta entre cuatro propuestas. Esta prueba de *screening* ha permitido:

I. Caracterizar la muestra total en 4 cuartiles de rendimiento (muy débil, débil, suficiente y óptimo).

II. Establecer un puntaje alerta que describe a aquellos alumnos cuyo rendimiento es inferior a la muestra normativa[11] y que permite identificar sujetos con problemas severos de comprensión.

En segundo lugar, se pasó el instrumento CompLEC[12], que mide la competencia lectora y cuyo diseño está inspirado en las pruebas de PISA, lo cual permite caracterizar la muestra según su competencia para comprender textos continuos (compuesto de párrafos y con un orden de lectura claro) y no continuos (tipo gráficos, mapas, diagramas o tablas sin orden de lectura prefijado). Las preguntas permiten evaluar, al igual que PISA, si los alumnos son capaces de:

a) recuperar información explícita o implícita en el texto, pudiendo la información estar en una frase o dispersa en varias frases;

b) integrar información del texto, lo que implica relacionar ideas o hacer inferencias para comprender las ideas generales, tales como sintetizar el mensaje de un párrafo, captar la intención del autor, relacionar las ideas o hacer inferencias;

c) reflexionar y evaluar sobre la forma y contenidos que implica relacionar lo que dice el texto con conocimientos previos del lector.

En el instrumento utilizado hay preguntas de los tres tipos. En la siguiente *tabla 1* se presentan los títulos de los textos que hacen al instrumento, y se señala si los mismos son textos continuos o no, así como la distribución del tipo de pregunta por texto:

| | Continuo | No continuo | Recuperar | Integrar | Reflexionar/evaluar |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calentamiento global** | | X | 0 | 2 | 1 |
| **Abejas** | X | | 2 | 2 | 1 |
| **Energía nuclear** | X | | 1 | 2 | 2 |
| **Accidentes tráfico** | | X | 1 | 2 | 1 |
| **Sillas** | X | | 1 | 2 | 0 |

*Tabla 1.* Distribución de textos y preguntas en la prueba.

[11] Datos normativos medidos en una muestra de 2841 alumnos de secundaria en el estudio de Abusamra, Ferreres, Raiter, De Beni y Cornoldi (2014). Para calcular el puntaje alerta se utiliza la media y el desvío estándar. Si el puntaje de un sujeto tiene un valor que cae dentro del intervalo que va desde un desvío positivo hasta un desvío estándar negativo, se considera que el rendimiento del sujeto se ubica dentro de la normalidad estadística y se dice que es un puntaje promedio; sin embargo, si el puntaje es igual o inferior a la norma se considera que el rendimiento es inferior y a ese puntaje se le denomina puntaje alerta.

[12] Llorens, A. C., Gil, L.; Vidal-Abarca, E.; Martínez, T.; Mañá, A. y Gilabert, R. (2011). Prueba de competencia lectora para Educación Secundaria (CompLEC). *Psicothema,* 23(4), pp. 808-817.

Basándonos en estas tres instancias –recuperación, integración y reflexión-evaluación– se han organizado las siguientes categorías resumidas en la *tabla 2*:

| Categoría | Recupera | Integra | Reflexiona-evalúa |
|---|---|---|---|
| I | X | X | X |
| II | O | X | X |
| III | O | O | X |
| IV | O | O | O |
| V | X | O | O |
| VI | X | X | O |
| VII | O | X | O |
| VIII | X | O | X |

Sí = X, No = O

*Tabla 2.* Categorías empleadas para categorizar la muestra en función del test CompLEC.

Para caracterizar la muestra global en porcentajes, se han agrupado las categorías III, V y VII teniendo en cuenta que en estos casos los alumnos solo realizan correctamente uno de los tipos de preguntas, en tanto las dos categorías restantes no las realizan correctamente. Asimismo, se han agrupado las categorías II, VI y VIII teniendo en cuenta que en estos casos los alumnos realizan correctamente dos de los tipos de preguntas y presentan fallos únicamente en uno de ellos. Siendo así, la información de caracterización de la muestra global por porcentajes se presenta agrupada en cuatro categorías:

**A:** realiza correctamente los tres tipos de preguntas.

**B:** realiza correctamente dos tipos de preguntas y falla en uno.

**C:** realiza correctamente un tipo de preguntas y falla en dos.

**D:** falla en los tres tipos de preguntas.

En cuanto al tipo de texto (textos continuos y textos no continuos) se ha calculado el porcentaje de aciertos y errores de cada tipo de texto para la muestra completa.

## RESULTADOS GLOBALES

- ***Screening***

I. Distribución de la muestra total en 4 cuartiles de rendimiento (muy débil, débil, suficiente y óptimo) para cada texto (*tabla 3*).

| Cuartiles de rendimiento | Texto 1 | Texto 2 |
|---|---|---|
| **Muy débil** | 31% | 53,5% |
| **Débil** | 16% | 27% |
| **Suficiente** | 21% | 12% |
| **Óptimo** | 32% | 7,5% |
| **Total** | 100% | 100% |

*Tabla 3.* Rendimiento en cuartiles de la prueba *screening*.

II. Cálculo del puntaje alerta para los textos 1 y 2 que describe a aquellos alumnos cuyo rendimiento es inferior al promedio[13] y que sugiere la necesidad de evaluar en profundidad sus habilidades de comprensión de texto aplicando otras pruebas del test (*tabla 4*).

| Puntaje alerta | porcentaje | N.º alumnos |
|---|---|---|
| Texto 1 | 21% | 31 |
| Texto 2 | 35% | 53 |

*Tabla 4.* Porcentaje de alumnos con rendimiento inferior al promedio.

- Instrumento CompLEC

Siguiendo las categorías antes explicadas A, B, C y D, los porcentajes válidos hallados se muestran en la *tabla 5*.

| Comprensión lectora | Categorías | Número de alumnos | Porcentaje |
|---|---|---|---|
| + | A | 53 | 36,5% |
| | B | 26 | 18% |
| | C | 22 | 15% |
| – | D | 44 | 30,5% |
| | Totales | 145 | 100% |

*Tabla 5.* Porcentajes de alumnos según categorías descritas (recuperación, integración y reflexión-evaluación).

Tipo de texto

Con respecto al tipo de texto (continuo y no continuo) el porcentaje de errores y aciertos hallados son (*tabla 6*):

| | Textos continuos | Textos no continuos |
|---|---|---|
| Media aciertos (%) | 54,4 | 48,2 |
| Media errores (%) | 45,6 | 51,8 |

*Tabla 6.* Porcentaje de aciertos y errores según tipo de texto.

Estos resultados están de acuerdo con datos del informe PISA 2009[14] para España, donde, al igual que en otros países, los estudiantes puntuaban peor en textos no continuos que en continuos. Como se comentó previamente, los textos continuos y no continuos tienen características estructurales específicas diferentes que demandan estrategias distintas de procesamiento[15]. Los no continuos, que requieren del uso de estrategias de lectura no lineal, presentan según estos resultados mayores dificultades para la muestra estudiada. Con lo cual, es importante que los docentes conozcan, empleen y enseñen a los alumnos estrategias específicas que les permitan abordar con éxito la tarea de leer textos no continuos.

[13] Datos normativos medidos en una muestra de 2841 alumnos de secundaria en el estudio de Abusamra, Ferreres, Raiter, De Beni y Cornoldi (2014).

[14] OECD (2010). PISA 2009. *Results: What Students Know and Can Do - Performance in Reading, Mathematics and Science* (Volume I). Paris, OECD.

[15] SERRANO, M. A.; VIDAL-ABARCA, E.; FERRER, A. (en prensa), p. 8.

### Correlación *screening*-CompLEC

Para identificar si existía relación entre los resultados de ambos instrumentos (*screening* y CompLEC) se midió el coeficiente de correlación de Pearson entre resultado total de *screening* y total de CompLEC. Los resultados muestran que existe una correlación marcada ($r = 0{,}657$) y que es estadísticamente significativa ($p = 0$) (*figura 2*), es decir, que alumnos que comprenden poco en el *screening*, son al mismo tiempo poco competentes en lectura y, de igual forma, aquellos alumnos competentes en lectura lo son también en el *screening*.

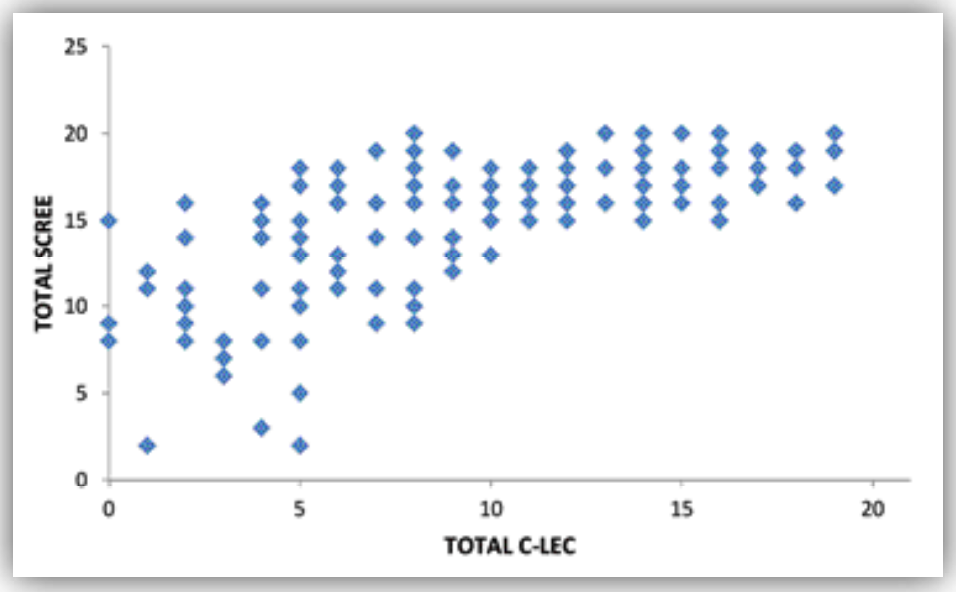



*Figura 2.* Correlación entre variables total *screening* (textos 1 y 2) y total CompLEC.

### Resultados por curso

Para caracterizar la muestra según su comprensión lectora y el nivel académico, se han tomado como referencia los cuartiles de rendimiento del *screening* del texto 1 y texto 2. En la *figura 3* se muestran dichos resultados.

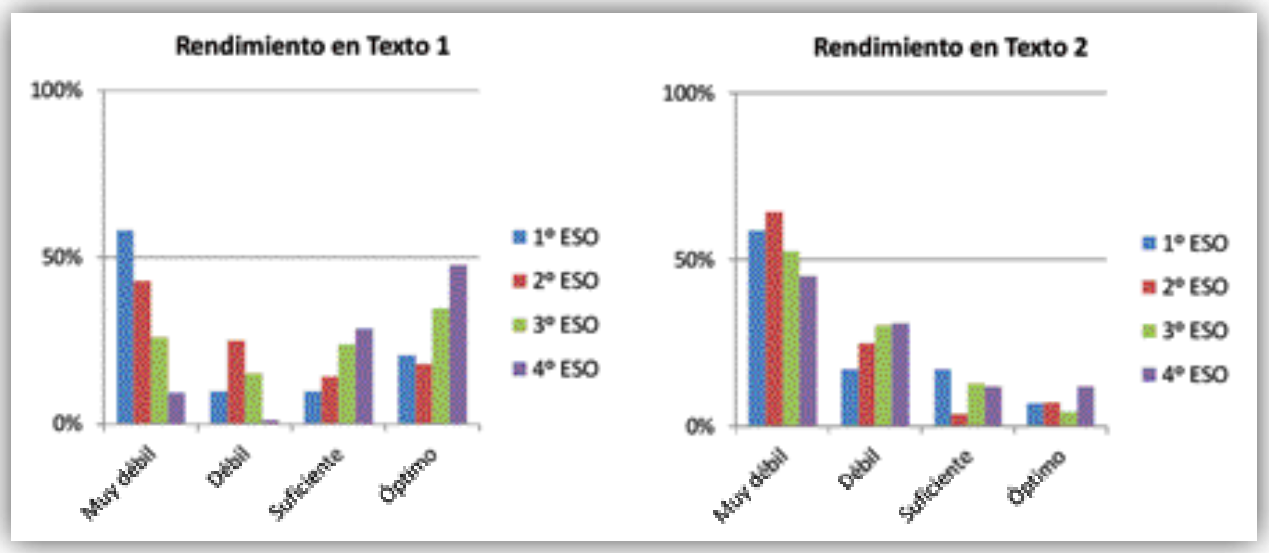



*Figura 3.* Distribución de la muestra según su comprensión por cursos para los textos.

Los resultados por cursos arrojan diferencias claras entre cursos y entre textos. Las diferencias entre cursos indican problemas de comprensión que deben ser analizados en mayor profundidad. En el caso del texto 1, se observa cómo a medida que se avanza por niveles, los resultados de comprensión lectora mejoran, mostrando una relación directamente proporcional entre cuartiles y nivel cursado, lo cual está en consonancia con lo que se espera, pues gran parte de la adquisición de conocimientos tiene lugar a través de la lectura y, por ello, aquellos que han alcanzado niveles superiores han debido de trabajar más en sus destrezas de comprensión y con ello favorecer su madurez lectora. De hecho, el porcentaje que se sitúa en un nivel de rendimiento suficiente-óptimo para el último curso está en torno al 75%. No obstante, es importante destacar que casi un tercio de la muestra perteneciente a los últimos cursos (3.º y 4.º ESO), próximos a titular, se sitúan en el cuartil más bajo de comprensión, lo cual debería hacer reflexionar sobre la evaluación de competencias adquiridas al final de la etapa.

En el caso del texto 2, en torno al 40% de alumnos que cursan 3.º y 4.º se sitúa en un rango de comprensión muy débil y el porcentaje aumenta hasta 60% o más en alumnos que cursan los primeros cursos de ESO. De hecho, los alumnos que se sitúan en un nivel de comprensión suficiente-óptimo, se acercan a una cuarta parte de los alumnos.

Si comparamos los resultados de comprensión de ambos textos, se encuentra que las diferencias son claras y estadísticamente significativas según T-student para muestras pareadas ($p = 0{,}00$).

Es necesario considerar que los textos de la prueba de *screening* están diseñados para evaluar la comprensión lectora de alumnos de secundaria y que esta se relaciona a la edad, de forma que el texto 1 está diseñado para alumnos de 12-14 años y presenta menor dificultad, y el texto 2 para alumnos de 15 años es de dificultad algo mayor.

Atendiendo a que la edad media de la muestra era de 25 años, en principio, parecería lo más acertado seleccionar únicamente textos diseñados para la franja etaria más cercana a nuestra muestra (y, por tanto, de mayor dificultad). Sin embargo, considerando las características de estos alumnos procedentes de un fracaso escolar anterior, se decidió evaluar utilizando los dos grados de dificultad. Ante los resultados obtenidos, es evidente que esas diferencias en el diseño han afectado sustancialmente el desempeño logrado en las tareas propuestas, y que apuntan a problemas de comprensión lectora.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos mediante la prueba de *screening* diseñada para alumnos de secundaria, manifiestan problemas de comprensión lectora en gran parte de la muestra analizada cuya edad media es de 25 años.

Además, los datos de la prueba CompLEC estiman que en torno a un tercio de la muestra presenta dificultades para recuperar información explícita o implícita en el texto, integrar e inferir para comprender las ideas generales, así como reflexionar-evaluar y relacionar lo que dice el texto con conocimientos previos del lector, lo que dificultará que los sujetos puedan establecer representaciones mentales adecuadas y afecten a su capacidad de aprendizaje a partir de la lectura.

En conjunto estos datos justifican el diseño y desarrollo de estudios posteriores que permitan detectar problemas concretos de comprensión lectora en los alumnos identificados bajo el puntaje de alerta, con el fin último de establecer pautas didácticas personalizadas, destinadas a mejorar sus destrezas lectoras en textos de tipo narrativo, así como expositivos continuos y no continuos.

«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 3 [2015-2017], Grupo de Investigación CCSS01-INCISO».

# Diseño de un taller de electrotecnia

Sandra Laso Salvador, Mercedes Ruiz Pastrana
*Didáctica de las Ciencias Experimentales (Facultad de Educación)*
*Universidad de Valladolid, Paseo de Belén, 1 - 47011 Valladolid*
sandra.laso@uva.es / pastrana@dce.uva.es

**Palabras clave:** Formación profesional, electrotecnia, enseñanza de las ciencias, experimentación.

**Keywords:** Vocational training, electrical engineering, science pedagogy, experimentation.

**Resumen**

Los estudiantes de Formación Profesional de Técnico Superior en Electrónica, en general, presentan carencias en contenidos básicos de electrotecnia. Es por ello, que en este trabajo se presenta una propuesta didáctica para un taller extracurricular en la que se integran las TIC y la experimentación mostrando la utilidad de las herramientas y recursos empleados para el aprendizaje de esta materia básica.

La electrotecnia debe conjugar de manera equilibrada los tres ejes transversales que configuran la disciplina: la fundamentación científica, el conocimiento de las soluciones técnicas y la experimentación que permita a los alumnos adquirir la destreza y seguridad necesarias para su futuro ejercicio profesional.

**Abstract**

Students in vocational training of Electronics Technician are lagging behind in basic contents of electrical engineering. It is therefore, in this work a didactic proposal is presented as an extracurricular subject, with particular emphasis on the integration of TIC and experimentation applied to this subject area. At work we present the usefulness of the tools and resources used to learning this basic material is shown.

Electrotechnology must combine in a balanced way the three keystones that shape the discipline: the scientific basis, knowledge of technical solutions and experimentation that allows students to acquire the skills and necessary security for their future professional practice.

## 1. Introducción

Vivimos en una sociedad en constante cambio, tanto social como económico, y esto nos obliga a estar siempre preparados para afrontar los cambios y adaptarnos a ellos. Continuamente escuchamos que España necesita un «cambio de modelo productivo[1]» y «un cambio de patrón de crecimiento» para

[1] Jóvenes CC. OO. (2012, junio). La importancia de la FP en el nuevo modelo productivo. Confederación sindical de comisiones obreras. Disponible en http://docpublicos.ccoo.es/cendoc/029826ImportanciaFPProductivo.pdf [2015,19 de mayo].

conseguir salir de la crisis, pues nuestro país padece una progresiva pérdida de competencia que solo podrá subsanarse con medidas prácticas que fomenten un modelo más dinámico y flexible.

Para mejorar esta situación hay que realizar cambios en la educación para adaptarla al mercado globalizado que nos rodea hoy en día. Particularmente la Formación Profesional (FP) es una herramienta clave de este cambio[2]. La Formación Profesional proporciona a los jóvenes las competencias profesionales necesarias para ejercer una determinada actividad laboral, facilita la adaptación a los cambios tanto tecnológicos como organizativos del mercado de trabajo y prepara a los jóvenes para su salida al mundo laboral.

En este momento de transición entre la Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) y la actual Ley Orgánica de Educación (LOE) y tras el pertinente análisis de ambos currículos, no solo en los que respecta a FP[3, 4] sino también en las etapas de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato, la situación es desoladora para las horas dedicadas a la educación tecnológica, y por tanto de la formación de los alumnos en materias de ciencias y tecnología.

Actualmente en las enseñanzas medias encontrábamos que Tecnología era una asignatura troncal obligatoria en los cursos de 2.º y 3.º de ESO, y en 4.º de ESO los alumnos podían escoger entre Tecnología e Informática, sirviendo ambas para dirigirse tanto a Bachillerato como a FP. En Bachillerato en su primer curso encontrábamos Tecnología Industrial I como materia de modalidad en la vía de Ciencias y Tecnología y como optativa TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) mientras que en 2.º de Bachillerato encontrábamos como materia de modalidad Tecnología Industrial II y Electrotecnia era una asignatura optativa dentro de esta rama.

Con la nueva ley, Tecnología no aparece dentro de las materias troncales en la ESO, será ofertada en función de la regulación establecida por las Administraciones educativas y de la oferta de los centros docentes en alguno de los cursos del primer ciclo de ESO (en la LOMCE[5, 6] el primer ciclo de ESO está compuesto por 1.º, 2.º y 3.º de ESO), mientras que en 4.º de ESO dependerá su oferta de la vía escogida por el alumno, si cursa enseñanzas académicas no podrá cursarla de ninguna forma y si cursa enseñanzas aplicadas aparece como asignatura troncal si la Administración educativa y la oferta del centro docente lo aprueban compitiendo con Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional e Iniciación a la Actividad Emprendedora y Empresarial y se mantiene como optativa TIC. En cuanto a Bachillerato, el ministerio cambia el nombre de la modalidad, pasa a llamarse Modalidad de Ciencias en vez de Modalidad de Ciencias y Tecnología, desaparece la Tecnología Industrial como materia de modalidad y se pueden cursar ambas, Tecnología Industrial I y II respectivamente, como optativas que pueden ser ofertadas o no por el centro al igual que TIC I y II. Electrotecnia desaparece del currículo.

---

[2] MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2011, 22 de marzo). Ángel Gabilondo: «La Formación Profesional es el motor de crecimiento que marca el rumbo hacia un nuevo modelo productivo». Ministerio de Educación, Cultura y Deporte [en línea]. Disponible en http://www.mecd.gob.es/prensa-mecd/actualidad/2011/03/conferencia-fp.html [2015,19 de mayo].

[3] BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (2011, 30 de julio). Real Decreto 1147/2011, de 29 de julio, por el que se establece la ordenación general de la formación profesional del sistema educativo. Disponible en http://www.boe.es/boe/dias/2011/07/30/pdfs/BOE- A-2011-13118.pdf [2015,11 de mayo].

[4] BOLETÍN OFICIAL DE CASTILLA Y LEÓN (2010, 24 de noviembre). DECRETO 49/2010, de 18 de noviembre, por el que se regula la organización y funcionamiento de los centros integrados de formación profesional en la Comunidad de Castilla y León. Disponible en http://bocyl.jcyl.es/boletines/2010/11/24/pdf/BOCYL-S-24112010.pdf [2015,19 de mayo].

[5] ANPECANTABRIA (2015). Estructura y organización del Sistema Educativo en la LOMCE. Información profesional. Disponible en http://anpecantabria.org/wp/wp- content/uploads/2014/02/EstructuraSistemaEducativoLOMCE.pdf [2015,19 de mayo].

[6] MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2013,10 de diciembre). Propuestas para la mejora de la calidad educativa LOMCE [en línea]. Disponible en http://www.mecd.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/dms/mecd/servicios-al-ciudadano-mecd/participacion-publica/lomce/20131210-boe/LOMCE-10-12-13.pdf [2015,19 de junio].

Como se menciona anteriormente, la Tecnología no será de oferta obligatoria, por lo que puede que el alumnado no reciba ni una hora de Tecnología en toda su educación, de tal manera que será difícil orientar y formar al alumno hacia los estudios técnicos como es el caso de la FP. Además, aquellos alumnos que decidan estudiar estas formaciones se encontrarán con un auténtico reto, pues sus conocimientos y competencias necesarios para superarlas con éxito se verán fuertemente reducidos. Por otra parte, el currículo de los estudios de FP no se modificará, por lo que los alumnos no recibirán un apoyo extra para su superación. Esta situación no hará más que fomentar una auténtica incultura tecnológica, que impedirá la orientación de los alumnos hacía Ingenierías y Ciclos Superiores Técnicos y restará capacidades a los alumnos a la hora de manejarse en este entorno tan tecnológico en el que nos encontramos hoy en día, al ser incapaces de verlo desde una perspectiva crítica y formada. Es por ello que este taller será de vital importancia en años venideros, debido a estas enormes carencias no solo en Electrotecnia sino en Tecnología en general.

## 2. Objetivos

El objetivo fundamental de este trabajo es diseñar y desarrollar un taller que dote a los alumnos de un conocimiento más profundo en conceptos electrotécnicos fundamentales para el desarrollo de los módulos de segundo ciclo del título de Técnico Superior en Mantenimiento Electrónico.

Este objetivo principal se puede desglosar en una serie de objetivos más específicos, que son:

- Diseñar, planificar y evaluar los recursos más adecuados para trabajar conceptos electrotécnicos, teniendo en cuenta si ya previamente es conocido 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, 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.

## 3. Taller de electrotecnia

El Taller de Electrotecnia que se presenta era totalmente voluntario y se impartió fuera del horario del módulo durante el primer trimestre del curso y la mitad del segundo.

Los contenidos se organizan en cuatro bloques temáticos:

1. Conceptos y fenómenos eléctricos básicos y medidas electrotécnicas.
2. Circuitos eléctricos de corriente continua.
3. Circuitos eléctricos de corriente alterna.
4. Máquinas eléctricas.

No debe olvidarse que este taller se ha diseñado e implementado en FP, no en Bachillerato, por lo que todos los conceptos se desarrollan de forma práctica, con simuladores y de una forma más dinámica, donde todos los alumnos pueden colaborar y se pueda crear un clima de confianza y respeto.

Para la realización de este proyecto se han utilizado diferentes metodologías, herramientas y recursos. Con ellas, se pretende que los procesos de enseñanza-aprendizaje sean más autónomos en los módulos de FP. Entre otras, se utilizan las siguientes estrategias:

- Clases teóricas: para introducir brevemente los conceptos básicos. Como ya se ha mencionado, la adquisición de dichos conceptos es fundamental para poder comprender y manejar con soltura conceptos básicos de los módulos de FP.

- Actividades prácticas: estas actividades tratan de ser lo más realistas posibles, intentado que el alumno se enfrente a dificultades que le pueden surgir durante el desarrollo de su vida profesional.
- Tecnologías de la Información y de la Comunicación: se utilizó un blog[7, 8] como herramienta para la enseñanza de la Electrotecnia, pues supuso no solo un apoyo en la labor de enseñanza, sino un excelente recurso didáctico, ya que su interactividad, permitió un contacto directo y continuo con los alumnos. Asimismo, se ha utilizado una plataforma educativa a través de la cual los alumnos pudieron expresar su opinión sobre el curso libremente. Además, es importante resaltar que, al tratarse de una actividad voluntaria, es necesario usar recursos que motiven e interesen al alumnado.
- Máquinas eléctricas: la observación y el manejo de las mismas es un método extraordinario para captar la atención de los alumnos y demostrarles que los conceptos vistos son un reflejo de la realidad.

## ACTIVIDADES

En el blog «Taller de Electrotecnia» se recogen las actividades desarrolladas:

- **Introducción a la electricidad:** en esta actividad se propone realizar un curso de nivel medio-básico muy interesante para iniciarse en el mundo de la electricidad. Incluye actividades de autoevaluación.
- **Manos a la obra:** esta tarea consiste en utilizar un simulador en línea, DC/AC Virtual Lab, que permite construir circuitos sencillos con baterías, resistencias, cables y otros componentes.

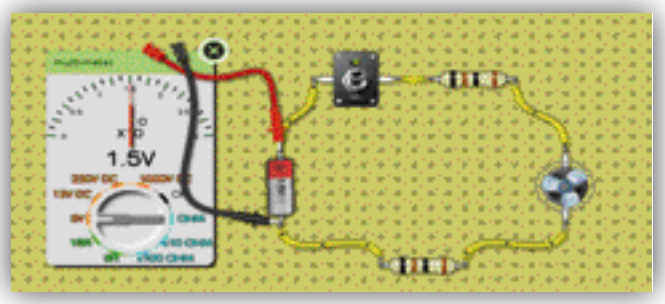



*Figura 1.* Circuito realizado con DC/AC Virtual Lab.

- **Para profundizar más:** siguiendo con el uso de simuladores, en esta ocasión se invita a los alumnos a utilizar la plataforma de simulación CircuitLab, más profesional que la anterior.

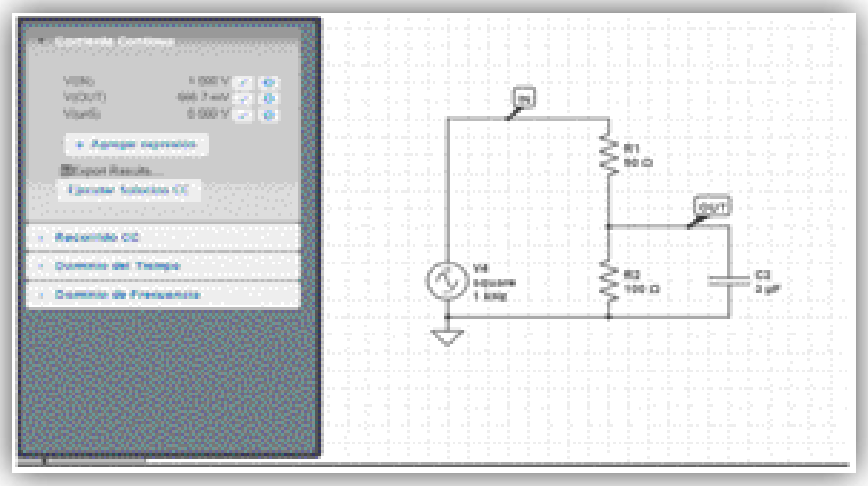


*Figura 2.* Circuitos realizados con CircuitLab.

[7] MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2007, diciembre). Blogs en la educación. Aprovechamiento didáctico de los blogs [en línea]. Observatorio tecnológico. Disponible en http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/fr/internet/recursos-online/528-monografico-blogs-en-la-educacion?start=1 [2015,5 de junio].

[8] SÁNCHEZ, J. A. Y RUIZ, J. Uso educativo de los blogs. Creación de cuentas para dar de alta un blog [en línea]. Universidad de Málaga. Disponible en http://tecnologiaedu.uma.es/materiales/web20/archivos/cap2_Uso_educ_Blog.pdf [2015,10 de junio].

- **¡Aprendamos jugando!:** este juego sobre transformadores eléctricos permitirá a los alumnos afianzar conceptos vistos anteriormente mientras se divierten.



*Figura 3.* Imágenes sobre juego de transformadores.

- **¡Sigamos divirtiéndonos!:** en esta entrada se propone otro juego, esta vez relacionado con generadores eléctricos. En él se afianzarán conceptos sobre generadores vistos anteriormente.

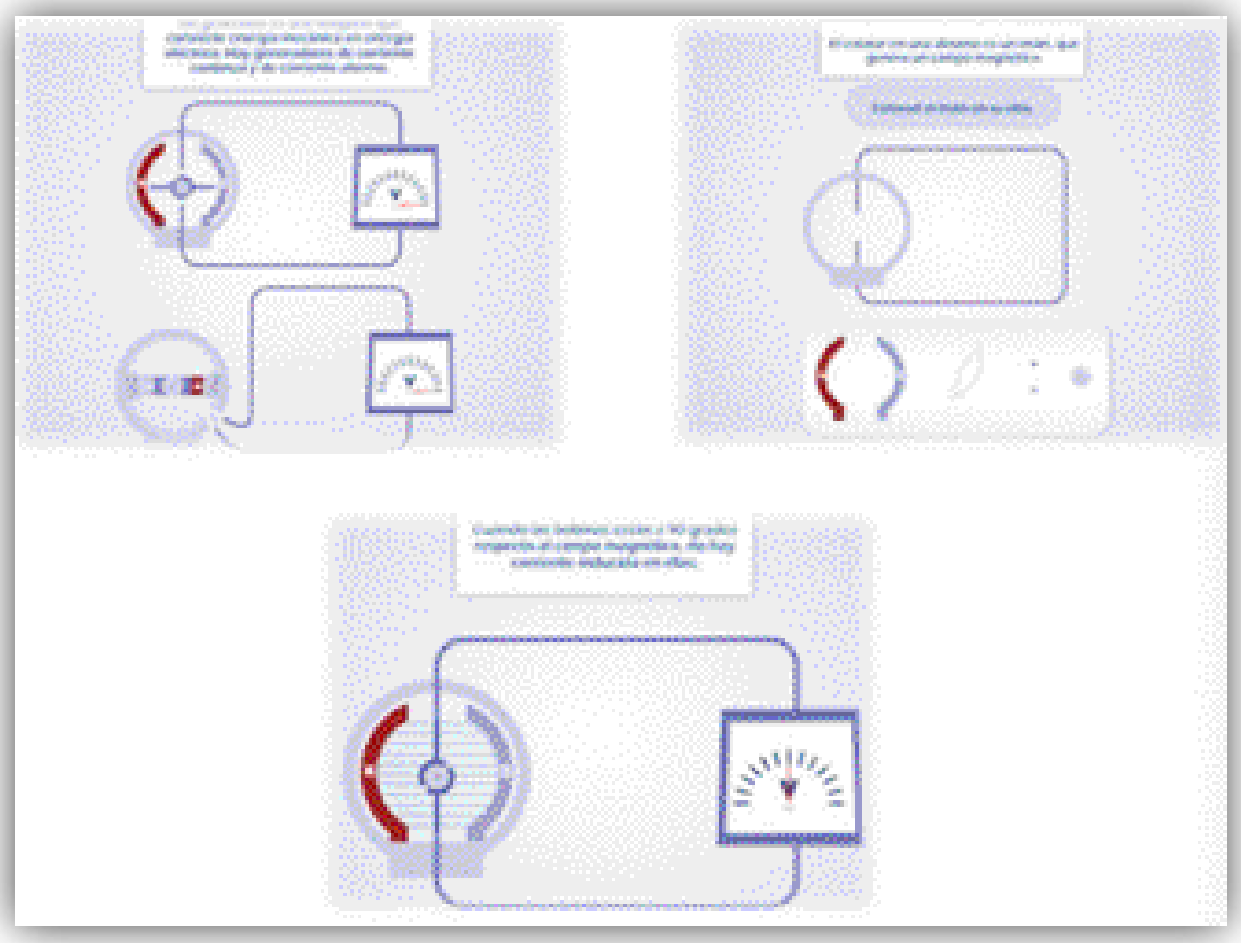


*Figura 4.* Imágenes del juego de generadores.

- **¿Te atreves a construir un motor eléctrico?:** en esta actividad se realiza un pequeño experimento para que los alumnos puedan llevar a la realidad los conceptos sobre motores eléctricos vistos teóricamente.

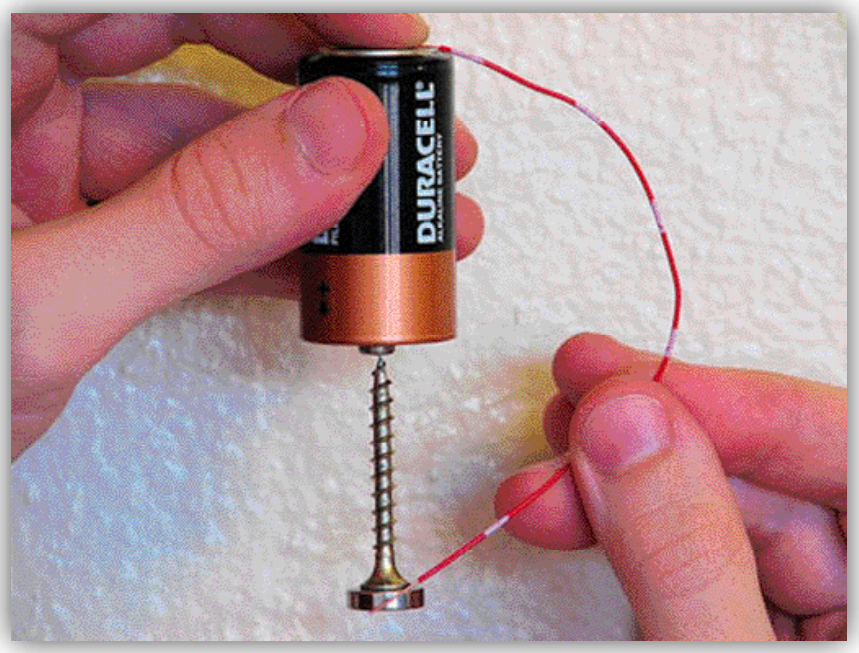



*Figura 5.* Ejemplo de construcción de un motor eléctrico.

## 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los alumnos, durante la realización del taller, han conocido los conceptos eléctricos básicos e incluso construido algunos de los instrumentos para observar su funcionamiento. En este contexto la participación ha sido activa en todo momento y en ella ha primado la adquisición de conocimiento a través de actividades experimentales y a través del empleo de TIC. Para facilitar el aprendizaje y aumentar su interés, los alumnos han efectuado un intercambio constante de instrumentos, materiales, medios, etc., manipulándolos e interactuando con ellos.

Los estudiantes se han interesado por los procesos que han trabajado, obteniendo sus propias conclusiones, guiadas a través de las presentaciones, preguntas y experiencias. Esto les ha permitido obtener argumentos para acercarlos a su futura realidad.

La evaluación ha consistido en una recogida de información con el único objetivo de mejorar posteriores talleres. Al ser una actividad extraescolar, de refuerzo, no se han realizado exámenes para calificar a los alumnos, sino que las propias actividades del blog y los ejercicios prácticos propuestos entre sesiones han sido los elementos a evaluar. De esta manera los alumnos, conscientes de su propio aprendizaje, adquieren habilidad para superar obstáculos con el fin de aprender exitosamente y conocer qué aspectos necesitan reforzar.

El método científico, presente en todas las actividades, a través de la propia experimentación directa, la búsqueda de información, la observación de hechos, etc., permitió a los alumnos investigar y conocer mucho más sobre los conceptos eléctricos necesarios para el ejercicio de su futura profesión.

Según el Real Decreto 42/2008, de 5 de junio[9], la Electrotecnia trata de proporcionar aprendizajes relevantes que ayuden a consolidar una sólida formación de carácter tecnológico abriendo, además, un gran abanico de posibilidades en múltiples opciones de formación electrotécnica más especializada. Esta

[9] MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2008, 5 de junio). Real Decreto, 42/2008, de 5 de junio, por el que se establece el currículo de bachillerato en la Comunidad de Castilla y León [en línea]. Disponible en http://www.educa.jcyl.es/es/resumenbocyl/decreto-42-2008-5-junio-establece-curriculo-bachillerato-com [2015,10 de mayo].

materia cumple, así, el doble propósito de servir como formación de base para quienes decidan orientar su vida profesional hacia los ciclos formativos y para quienes continúen con vías académicas del campo de los estudios técnicos. Precisamente esto último es lo que se ha pretendido conseguir con este Taller de Electrotecnia, permitir a los alumnos que por diferentes motivos no hayan tenido la posibilidad de cursar esta asignatura que conozcan un poco más de los fenómenos electromagnéticos y sus efectos.

La Electrotecnia, según el Real Decreto anteriormente mencionado, debe conjugar de manera equilibrada los tres ejes transversales que la configuran. Por una parte, la fundamentación científica necesaria para comprender suficientemente los fenómenos y las aplicaciones. En segundo lugar, el conocimiento de las soluciones técnicas que han permitido la utilización de los fenómenos electromagnéticos en una amplia variedad de aplicaciones y, en tercer lugar, la experimentación que haga posible la medida precisa y el manejo por parte de los alumnos de los dispositivos electrotécnicos con destreza y seguridad suficientes. Estos tres ejes se han convertido en los objetivos de este taller, el primero de ellos se desarrolla en las clases teóricas y en la primera actividad del blog, el segundo eje se desarrolla mediante los juegos del blog y utilizando las máquinas eléctricas, y el tercer eje se trabaja con los ejercicios, el uso de simuladores, experiencias de laboratorio y trabajando nuevamente con máquinas eléctricas.

Este taller constituye una base idónea y esencial para todos los alumnos que hayan decidido estudiar el Ciclo Superior de Mantenimiento Electrónico, pues les permite desarrollar un pensamiento más global sobre la importancia y la cantidad de aplicaciones de los efectos electromagnéticos y cómo estos han modificado las condiciones de vida de la sociedad, la gestión del conocimiento, los procesos económicos y la investigación científica a la vez que les da las bases necesarias para que, utilizando la lógica y el ingenio, comprendan los fenómenos que les rodean. Por otro lado ejerce como catalizador sintetizando y profundizando aprendizajes afines, del tono técnico y científico, procedentes de anteriores etapas educativas que seguirán utilizando durante todo el ciclo.

Asimismo, podrán darse cuenta de la importancia que tiene superar con éxito esta formación, pues el conocimiento y manejo de estos fenómenos se ha convertido en un elemento esencial en los procesos tecnológicos.

# La Educación Ambiental en la formación inicial de grados y másteres

M.ª Carmen Merino Maldonado, Rosario Morán Cuadrado,
M.ª Carmen Perdices Madrid, M.ª José Ruiz Alonso

*Centro de Formación Ambiental Taller de Naturaleza de Villaviciosa de Odón. Avda. Viveros, 1 28670 Villaviciosa de Odón. Subdirección General de Formación del Profesorado. Consejería de Educación. Comunidad de Madrid*

**Palabras clave:** Educación ambiental, desarrollo sostenible, formación inicial docente, experiencias educativas, Plan de Acción Mundial (GAP).

**Keywords:** Environmental education, sustainable development, initial teacher training, educational experiences, global action plan (GAP).

**Resumen**

La educación ambiental ha ido impregnando los currículos escolares de la enseñanza infantil, primaria y secundaria; no obstante, a pesar de ocupar un lugar destacado en estas etapas educativas, la dimensión ambiental es prácticamente inexistente en los planes de formación inicial de expertos de diferentes disciplinas, incluida la formación de los docentes y otros responsables de la educación. Para hacer llegar a todas las enseñanzas, incluidas las universitarias, los conocimientos, competencias, valores y actitudes propios de la educación ambiental el CFA Taller de Naturaleza de Villaviciosa de Odón presenta dos propuestas para formación inicial de docentes del Grado de Maestro y del Máster para Profesores de Enseñanza Secundaria.

**Abstract**

Environmental education has permeated school curriculums pre-elementary school, elementary school and high school; however, despite of occupying a prominent place in these educational stages, the environmental dimension is virtually nonexistent in plans for initial training of experts from different disciplines, including the teachers training and other responsible for education. To reach all the study plans, including the university studies, the knowledge, competences, values and attitudes of the environmental education, the CFA Nature Workshop of Villaviciosa de Odón presents two proposals for initial training of Graduate Teachers and Master for Secondary School Teachers.

## 1. Introducción

La enseñanza de la Educación Ambiental del siglo XXI supone un importante reto, no tanto por la complejidad y amplitud de sus contenidos como por la concepción de la misma desde la perspectiva filosófica de la ética ecológica.

En 1968, «Año Internacional de los Derechos Humanos», La UNESCO, por vez primera, dio la alerta sobre las implicaciones que tiene la educación con los planteamientos ecológicos, sociales y económicos.

La conferencia de Naciones Unidas sobre «El Medio Humano» (Estocolmo, 1972), entre sus recomendaciones, incluía «la necesidad de un programa internacional de educación sobre el medio, de enfoque interdisciplinario y con carácter escolar y extraescolar, que abarque todos los niveles de la enseñanza….»[1].

La «sostenibilidad» es el paradigma global de las Naciones Unidas. En la cumbre mundial sobre «El Desarrollo Sostenible», Johannesburgo (Sudáfrica, 2002) se reorienta la educación ambiental hacia un desarrollo sostenible, en adelante EDS, como un tema transversal[2]. Como señalan los expertos «la sostenibilidad no es solo cuestión entre nosotros los seres humanos, sino que es también un problema gravísimo de nuestras relaciones con la biosfera, de la forma en que nos apropiamos de los recursos, explotamos la naturaleza, gestionamos los bienes comunes y consideramos los límites de los ecosistemas»[3].

«El futuro que queremos» fue el título elegido por la ONU para la conferencia de Río de Janeiro (Brasil, 2012) y en ella se puso de manifiesto la necesidad de un desarrollo sostenible que contemple procesos y medios acordes a los límites de la biosfera y a la equidad social. En la década 2005-2014, desde la UNESCO se trabajó para afianzar las siguientes consideraciones: que la educación para el desarrollo sostenible es asunto de todos, que no es una opción, sino una prioridad, y que el cambio hacia una mejor calidad de vida empieza por la educación. ¿Qué estamos dispuestos a hacer? De la participación activa de todos dependerá el que se produzca un cambio sustantivo.

En la conferencia mundial de la UNESCO, celebrada en Aichi-Nagoya (Japón, 2015), «Aprender hoy para un futuro más sostenible», los Estados miembros de la ONU aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que destaca un conjunto de «17 Objetivos de Desarrollo Sostenible» (en adelante, ODS) para poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia y hacer frente al cambio climático. El objetivo más votado fue una buena educación y una educación de calidad.

El Programa de Acción Mundial (en adelante GAP, por sus siglas en inglés) da seguimiento al «Decenio de Naciones Unidas» para la EDS que finalizó en 2015 y se centra en cinco ámbitos de acción prioritarios:

1. Promover políticas.
2. Integrar las prácticas de la sostenibilidad en los contextos pedagógicos y de capacitación (mediante enfoques que abarquen al conjunto de la institución).
3. Aumentar las capacidades de los educadores y formadores.
4. Dotar de autonomía a los jóvenes y movilizarlos.
5. Instar a las comunidades locales y las autoridades municipales a que elaboren programas de EDS de base comunitaria.

---

[1] ONU (1972). Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. Recomendación 96. Estocolmo, [en línea], citado 23 de 05 de 2016. Recuperado de http://www.ambiente.gov.ar/cursoea/descargas/M4_Ic8.pdf.

[2] UNESCO (2005). Educación para todos. Ediciones UNESCO, [en línea], citado 23 de 05 de 2016. Recuperado de http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001501/150169S.pdf.

[3] Novo, M. (2006). *El desarrollo sostenible. Su dimensión ambiental y educativa*. Madrid, Pearson/UNESCO.

La UNESCO invita a todos los interesados a participar en el GAP y a que formulen un compromiso específico con uno o varios de sus ámbitos de actuación prioritarios.

Es en este marco en el que el Centro de Formación Ambiental incluye, entre sus prioridades, la **«formación ambiental»** del docente y de otros responsables de la educación.

## 2. Formación inicial

Hasta el momento, los planes de **«formación inicial»** de expertos en derecho, ingeniería, administración, comunicación, medicina, etc., no han contemplado entre sus disciplinas la **«dimensión ambiental»**; sin embargo, la solución a los distintos problemas ambientales requiere respuestas racionalizadas que puedan llevarse a la práctica con actuaciones concretas.

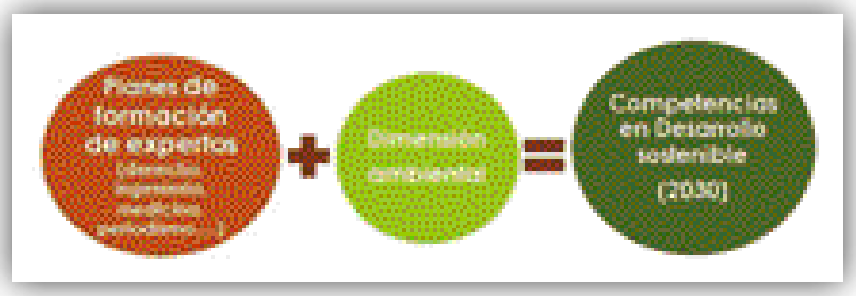



*Figura 1.* Competencias en desarrollo sostenible.

Es vital la interacción entre distintos profesionales para poder reunir e integrar las distintas perspectivas profesionales que nos lleven a emitir una respuesta conjunta a los problemas comunes.

Si seguimos las recomendaciones internacionales expuestas, la política educativa de cada Estado ha de dar relevancia a la **formación inicial y permanente** de los profesores de todos los niveles educativos, potenciar el **desarrollo de actividades extraescolares** como parte de un proceso educativo y poner a disposición del docente **materiales y recursos adecuados**, generados a través de proyectos piloto de investigación e innovación.

En una sociedad de cambios acelerados el profesor adquiere una dimensión nueva. Necesitamos un profesor que nos ayude a satisfacer nuestra curiosidad científica, a reconocer los valores fundamentales y que nos empuje a la construcción de aprendizajes propios para adquirir las competencias relativas a los objetivos de la educación ambiental, con especial incidencia en la búsqueda de alternativas sostenibles y justas socialmente. Pretendemos lograr que el docente sea la parte dinamizadora de su propio entorno educativo y, siendo aún más ambiciosos, que consiga que las actuaciones concretas llevadas a cabo con los alumnos trasciendan más allá del ámbito escolar, estableciendo así los puentes que puedan construir sólidas redes sociales que dispongan de los mecanismos de **información y comunicación** adecuados y accesibles para los distintos sectores sociales.

Atendiendo a estas recomendaciones y para cumplir nuestros compromisos con el GAP, presentamos dos nuevos programas para la integración de la EDS en los niveles de la enseñanza universitaria:

1. Programa de formación inicial dirigido a la **formación de grados**, con el objetivo de mejorar las capacidades de los alumnos y facilitar la adquisición de competencias propias de los respectivos títulos.
2. Programa de **formación de postgrados: másteres**, dirigidos a profesionales del sector público, empresarial, de medios de comunicación y otros especialistas cuya finalidad es la de que adquieran capacidades y formación para la toma de decisiones en los ámbitos temáticos al desarrollo sostenible.

Bajo la denominación «Experiencias Educativas en el Medio Natural» se presentan dos actividades específicas; una para los alumnos del Grado de Maestro y otra para los alumnos del Máster de Profesores de Enseñanza Secundaria.

Están diseñadas desde el marco que nos ofrecen **áreas** como Biología, Geografía, Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente y Ciencias para un Desarrollo Sostenible; se caracterizan por emplear una metodología en la que van a estar presentes tanto la «Resolución de problemas» como el «Método Científico», con el objetivo de poder dotar a los futuros docentes de estrategias y herramientas que les permitan «Educar para la Sostenibilidad» para promover estilos de vida y culturales que supongan caminar hacia sociedades que se desarrollen en paz con el planeta y por el bien común. Se dará a conocer el **proceso didáctico** que las enmarca, analizaremos las **fases** del mismo, los **contenidos curriculares** que se abordan con ellas, la metodología utilizada, los recursos y los **materiales didácticos** empleados; todo ello, mediante **actividades prácticas** que permitan una investigación completa e integradora.




| Código | Experiencia | Nivel educativo | Nº alumnado | Visitas |
|---|---|---|---|---|
| VIL-1 | Influencia humana en el medio | 1º y 2º de ESO | 50 | 2 días |
| VIL-2 | Estudio de ecosistemas | 3º y 4º de ESO Bachillerato | 35 | 2 días |
| VIL-3 | Estudio de un ecosistema fluvial | 4º ESO/Bachillerato Formación Profesional | 35 | 1 día (CFA) 1 salida posterior |
| VIL-4 | Acciones prácticas para una gestión ambiental sostenible | 4º ESO/Bachillerato Formación Profesional | 35 | 1 día |
| VIL-5 | Estudio de incidencia ambiental: Proyecto de una urbanización | Bachillerato Formación Profesional | 35 | 1 día |
| VIL-6 | Investigación botánica: Pérdida de biodiversidad | Bachillerato Formación Profesional | 35 | 1 día |
| VIL-7 | Ecosistemas del milenio y sus servicios: Impulsores de cambios | Bachillerato Formación Profesional | 35 | 1 día |

*Figura 2.* Oferta de experiencias educativas del CFA Taller de Naturaleza V. O.

Las experiencias educativas ofrecen la posibilidad de trabajar el currículo escolar con programas de actividades que, además de conseguir alcanzar los contenidos marcados, permiten desarrollar en los alumnos actitudes favorables hacia el medio y en el medio, dentro de la perspectiva de la ética ecológica y de principios de sostenibilidad general. Los **contenidos** se tratan de una forma teórico-práctica con **actividades de campo** que permiten, además de realizar prácticas de laboratorio, ver con toda amplitud las implicaciones de una salida fuera del aula para llevar a cabo una **investigación en un medio natural y social**. Planificación y estrategias metodológicas son herramientas que

el profesorado del grado y del máster necesita conocer y manejar para el desarrollo de su futura profesión docente.

## 3. Proceso didáctico

El diseño es propio de la EDS y contempla el estudio de situaciones concretas o de **problemas ambientales locales**. Incluye como aspectos relevantes el uso de **estrategias metodológicas globalizadoras** en las que se aplican conocimientos ambientales para llegar a aportar **soluciones concretas** a las diferentes problemáticas.

| FASES | ACTIVIDADES | LUGAR / RESPONSABLES |
|---|---|---|
| **I. SESIÓN DE INFORMACIÓN Y ORGANIZACIÓN** | •Desarrollo de la Programación ofertada<br>1) Aprovechamiento didáctico experiencia<br>2) Planificación tareas docentes previas | **En CFA o Dpto. universitario**<br>**• Equipo del CFA**<br>**• Profesorado del Grado** |
| **II.PREPARACIÓN DE LA EXPERIENCIA:**<br>ACTIVIDADES PREVIAS | 3) Motivación y conocimiento de la programación a desarrollar<br>4) Organización salida<br>5) Actividades previas específicas propuestas por experiencia educativa | **• En el Centro Universitario**<br>**• Profesorado y alumnado participante en Grado** |
| **III.INVESTIGACIÓN EN EL MEDIO NATURAL**<br>ACTIVIDADES EN EL CFA | 1. Presentación<br>2. Actividades de sensibilización<br>3. Estudio de Campo<br>4. Clasificación y Experimentación<br>5. Interpretación de resultados<br>6. Propuesta de acciones de mejora<br>7. Búsqueda de alternativas sostenibles<br>8. Acciones en el Medio | **• En el CFA**<br>**• Profesorado y alumnado participante en Grado**<br>**• Equipo del CFA** |
| **IV.ACTIVIDADES DE SÍNTESIS**<br>A. POSTERIORES | 9. Informe Final<br>10. Puesta en común<br>11. Comunicación de resultados | **• En CFA y C. Universitario**<br>**• Todos/as los implicados/as** |
| **V. EVALUACIÓN** | • Protocolo de evaluación | **• En CFA y C. Universitario**<br>**• Todos/as los implicados/as** |

*Tabla 1*. Fases y actividades del proceso didáctico.

La planificación de diferentes **estrategias de aprendizaje** se efectúa mediante una **secuencia de actividades** que responden a un **proceso educativo común**. Contempla tres momentos claramente diferenciados: **actividades previas**, actividades **en el CFA** y **actividades posteriores.** El proceso se tomará como base para desarrollar los distintos contenidos propuestos a los alumnos de **«formación inicial»**.

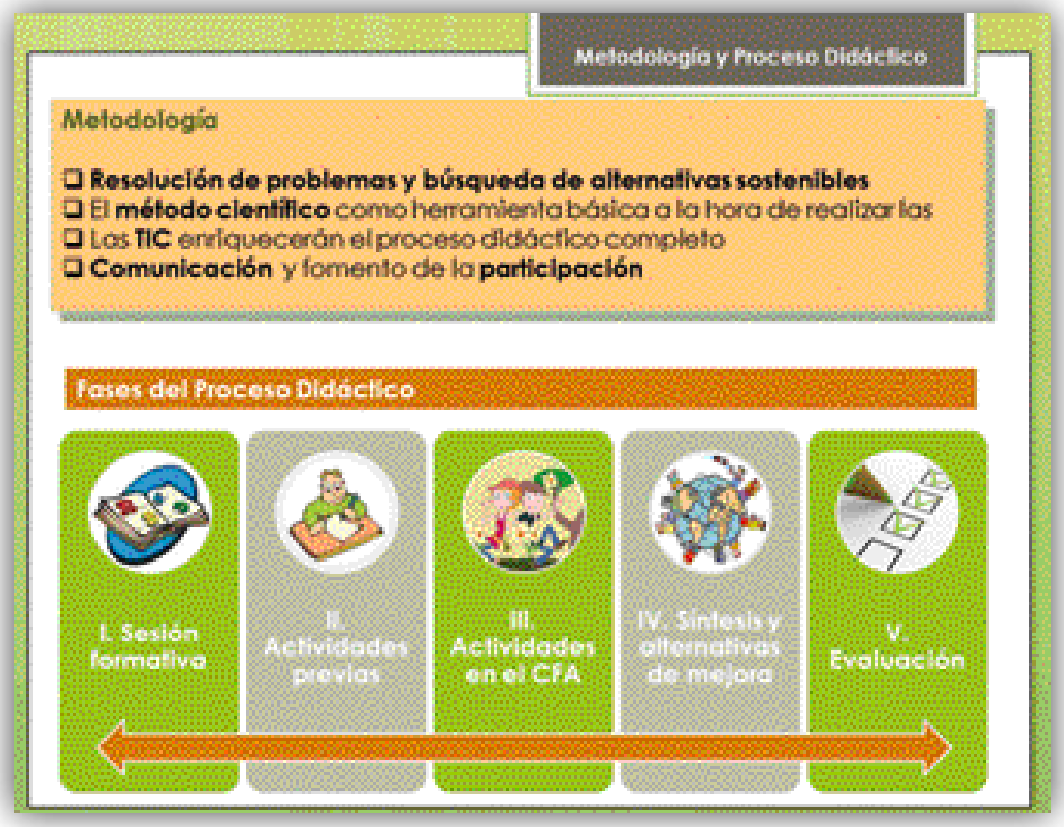



*Figura 3.* Fases del proceso didáctico.

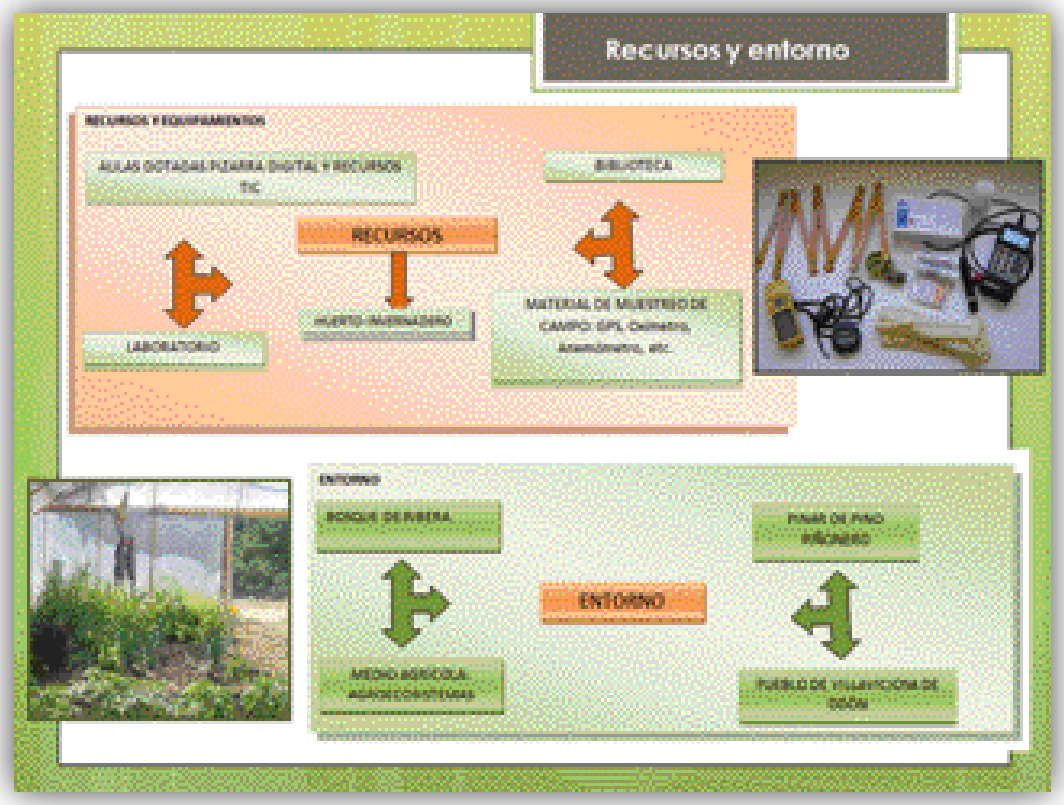



*Figura 4.* Equipamientos y recursos.




Los contenidos que se trabajan con las experiencias educativas incluyen aspectos que se adecúan a los planes de estudio de las universidades conducentes a la obtención del título de Maestro en Educación Primaria y facilitan la **adquisición de competencias** relativas tanto al cuerpo de **conocimientos didácticos** y **disciplinares** como al de **formación básica y conocimiento práctico**.

## Módulos y competencias

**BÁSICO**

- **Procesos y contextos educativos/Sociedad familia y escuela:** conocer procesos de interacción y comunicación en el aula. Promover trabajo colaborativo, esfuerzo individual y acciones de educación en valores orientado a la preparación de la ciudadanía activa. Conocer y aplicar experiencias innovadoras metodologías y técnicas básicas de investigación e innovación educativa. Analizar e incorporar de forma crítica cuestiones relevantes de la sociedad actual que afectan a estilos de vida en armonía con el desarrollo sostenible.

**DIDÁCTICO**

- **Enseñanza y aprendizaje de Ciencias Experimentales:** comprender los principios básicos y las leyes fundamentales de las ciencias experimentales (Física, Química, Biología y Geología). Conocer el currículo escolar de estas ciencias. Plantear y resolver problemas asociados con las ciencias a la vida cotidiana. Valorar las ciencias como un hecho cultural. Reconocer la mutua influencia entre ciencia, sociedad y desarrollo tecnológico, así como las conductas ciudadanas pertinentes, para procurar un futuro sostenible. Desarrollar y evaluar contenidos.

**PRÁCTICUM**

- **Prácticas escolares:** controlar y hacer el seguimiento del proceso educativo y en particular el de enseñanza-aprendizaje mediante el dominio de las técnicas y estrategias necesarias. Relacionar teoría y práctica con la realidad del aula y del centro. Aprender a saber hacer, actuando y reflexionando desde la práctica.

*Figura 5.* Módulos y competencias del Grado de Maestro en Educación Primaria.




La formación de expertos de diferentes disciplinas no será completa si no se incluye la «Dimensión ambiental» en sus distintos módulos y competencias. La formación de alumnos del Máster de Profesorado de Enseñanza Secundaria debe contemplar las áreas tecnológica, socioeconómica, ambientales y culturales.

## Módulos y competencias

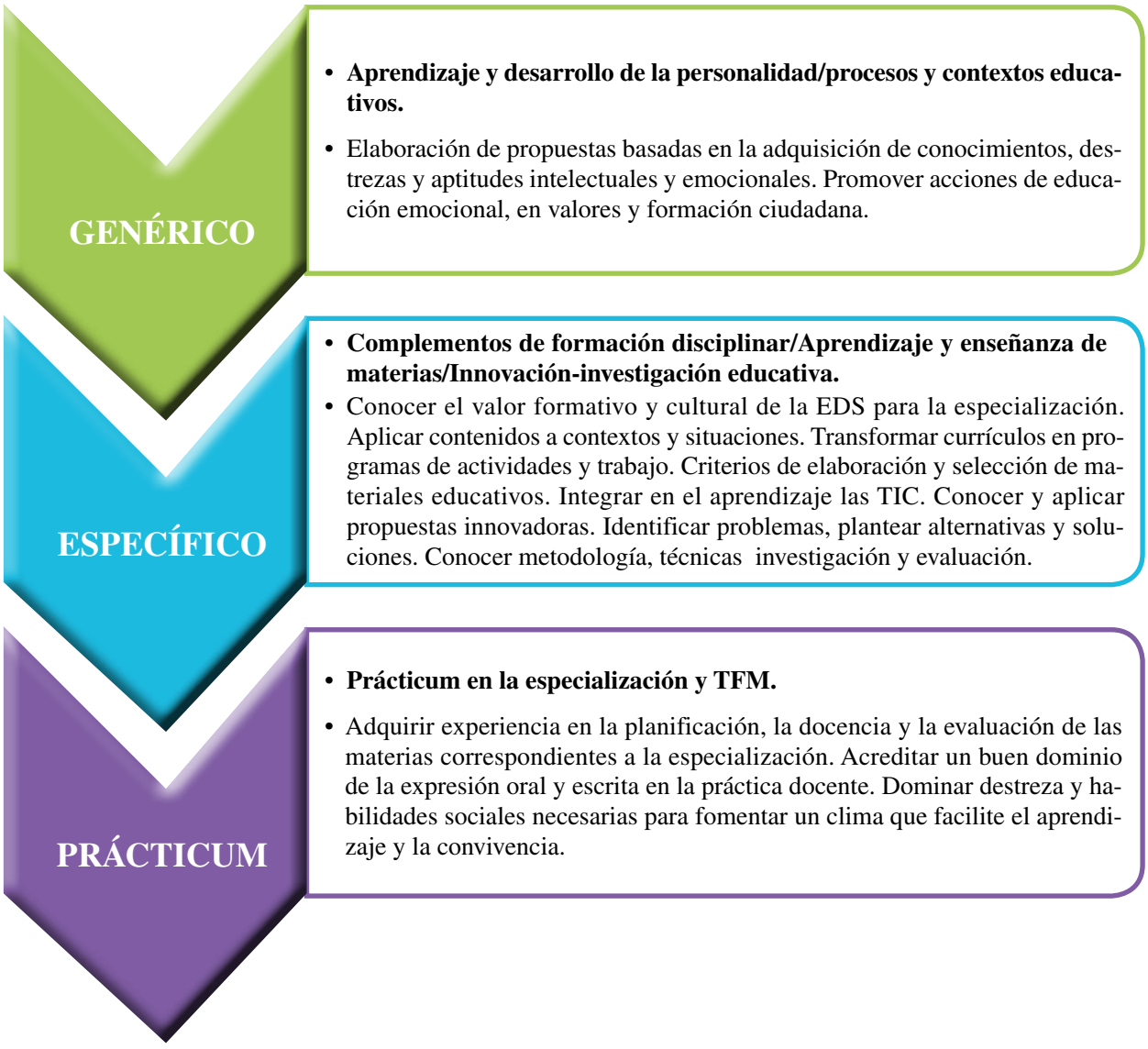



*Figura 6.* Módulos y competencias del Máster PES.

## Experiencias educativas para alumnos de grados

| Experiencia educativa | Duración del programa |
|---|---|
| Las plantas en nuestras vidas | 1 ó 2 mañanas |
| Influencia humana en el medio | 1 ó 2 mañanas |
| Estudio de ecosistemas | 1 ó 2 mañanas |
| Estudio de un ecosistema fluvial | 2 mañanas |
| Acciones prácticas para una gestión ambiental sostenible | 1 mañana |

*Tabla 2.* Oferta de experiencias para alumnos de grados.

## Experiencias educativas para alumnos de máster

| Experiencia educativa | Duración del programa |
|---|---|
| Estudio de ecosistemas | 1 mañana |
| Estudio de un ecosistema fluvial | 2 mañanas |
| Acciones prácticas para una gestión ambiental sostenible | 1 mañana |
| Estudio de incidencia ambiental: proyecto de una urbanización | 1 mañana |
| Investigación botánica: pérdida de biodiversidad | 1 mañana |
| Ecosistemas del milenio y sus servicios: impulsores de cambio | 1 mañana |

*Tabla 3.* Oferta de experiencias para alumnos de máster.

La información completa y las fichas específicas sobre las experiencias educativas, actividades, objetivos, contenidos y metodología se encuentran disponibles en las siguientes direcciones:

- Grados: *http://www.educa2.madrid.org/web/educamadrid/principal/files/ad94a477-25a3-478c-aa717a50e5946d6c/PROPUESTA%20PARA%20ALUMNOS%20DE%20GRADOS.pdf?t=1415016915666.*
- Máster: *http://www.educa2.madrid.org/web/educamadrid/principal/files/ad94a477-25a3-478c-aa717a50e5946d6c/PROPUESTA%20PARA%20ALUMNOS%20DE%20MASTERES.pdf?t=1415017344539.*

Igualmente, la página web del centro ofrece información sobre otras actividades y programas, líneas de actuación prioritarias, recursos y materiales en distintos soportes.

***http://www.educa2.madrid.org/web/centro.tn.villaviciosa***

## 4. Bibliografía

Albert, M. J. (2009). *La Investigación Educativa. Claves teóricas*. Madrid, McGraw Hill.

Escamilla, A. (2008). *Las competencias básicas. Claves y propuestas para su desarrollo en centros*. Barcelona, Grao.

Martín Molero, F. (2009).Controversia acerca del concepto de «Educación Ambiental». *Actas IV Congreso Internacional de Educación Ambiental*. Asociación Española de Educación Ambiental, pp. 47-76.

Novo, M. (2006). *El desarrollo sostenible. Su dimensión ambiental y educativa*. Madrid, Pearson/UNESCO.

Novo, M. (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible. *Revista de Educación*, número extraordinario 2009, pp. 195-217, [en línea]. [citado 23 de mayo 2016]. Recuperado de http://www.revistaeducación.mec.es/re2009/re2009_09.pdf.

ONU (1972). Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. Estocolmo, [en línea], citado 23 de 05 de 2016. Recuperado de http://www.ambiente.gov.ar/cursoea/descargas/M4_lc8.pdf.

UNESCO (2015). Programa de Acción Mundial. Recuperado de http://www.unesco.org/new/es/unesco-world-conference-on-esd-2014/esd-after-2014/global-action-programme/.

# La química en el aula a través de su historia: de la alquimia a las noticias científicas actuales

Luis Moreno Martínez

*Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas*
*Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Formación de Profesorado y Educación*
*Universidad Autónoma de Madrid. C/ Francisco Tomás y Valiente, 3 - 28049 Madrid*
luis.morenomartinez@predoc.uam.es

**Palabras clave:** Historia de la ciencia, didáctica de las ciencias, Educación Secundaria, alquimia, noticias científicas.

**Keywords:** History of science, didactics of science, secondary education, alchemy, science news.

**Resumen**

Si bien la didáctica de las ciencias experimentales ha subrayado el valor educativo de la historia de la ciencia, los estudios históricos y sociales sobre ciencia han apuntado la necesidad de «repensar» el tratamiento dado a la historia de la ciencia en el marco educativo y divulgativo. En esta línea, el presente trabajo hará un recorrido por algunos de los nuevos enfoques y herramientas orientados a imbricar ciencia e historia en el aula de Educación Secundaria, ilustrándolo con ejemplos particulares para la enseñanza de la química, como la alquimia y las noticias científicas de actualidad.

**Abstract**

Even didactics of experimental sciences has noted the educational value of history of science, history and social studies of science have pointed out that it is necessary to «rethink» the treatment given to history of science in science education and science communication. This paper will go trough the new approaches and tools about science and history for Secondary Education, attending to the alchemy and science news for chemistry education.

## Introducción

Técnicas metalúrgicas, fermentaciones, tintes, pigmentos, jabones, perfumes, bálsamos… El origen de las prácticas que hoy denominamos «químicas» se pierde en la noche de los tiempos[1]. Asimismo, con

[1] En palabras de la historiadora y filósofa de la ciencia, Bernadette Bensaude-Vincent, la cuestión de los orígenes de la química se confunde con la etimología misma del término *química*, la cual podría ser egipcia (*química* derivaría de la palabra egipcia *negro*, en referencia a la tierra negra de Egipto) o griega (del verbo griego *chéo*, que significa «verter un líquido o colar un metal»).

antelación a nuestra actual ciencia química, han existido otros conjuntos de saberes y prácticas que hoy relacionamos con ella, tales como la alquimia, la iatroquímica, la docimasia o la chymia[2].




*Figura 1*. Línea del tiempo simplificada de los saberes y las prácticas químicas.

Una aproximación a la construcción de estos saberes y prácticas químicas a lo largo de la historia como la representada en la *figura 1* puede ser de interés e incluso constituir un posible hilo conductor para la enseñanza de la química, además de una primera toma de contacto con la historia de la química. Si bien, cabe señalar que la perspectiva que nos proporciona la línea del tiempo no implica que la historia de la química (ni de la ciencia) haya sido lineal. El historiador de la ciencia William Brock, partiendo del árbol de Helmont, adopta una metáfora arbórea para la historia de la química[3]. Así, la química tendría múltiples raíces históricas, crece especialmente a partir del siglo XVIII, se ramifica en distintas (sub)disciplinas en el siglo XIX y sigue creciendo y subramificándose a lo largo del siglo XX. Un árbol que ha crecido nutriéndose de un medio (contexto histórico, social, económico…) que ha alimentado algunas teorías y marchitado otras. La enseñanza (y también la divulgación) de la química puede implicar una poda en dicho árbol, de modo que podríamos estar obviando ramas o condiciones ambientales relevantes para la historia de la química que también pueden serlo en el marco educativo. Es por ello que se hace fundamental tender puentes entre didáctica e historia de la ciencia y un trabajo conjunto entre el didacta, el docente y el historiador de la ciencia.

## La historia de la ciencia en el aula de Ciencias

Durante las últimas décadas, la investigación educativa ha mostrado que la historia de la ciencia constituye una herramienta didáctica de gran interés para la enseñanza de las ciencias por diferentes motivos, entre los que cabe destacar los siguientes[4]:

---

[2] BENSAUDE-VINCENT, B. y STENGERS, I. (1997). *Historia de la Química*. Madrid, Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid.

[3] BROCK, W. (1993). *The Norton History of Chemistry.* New York, W.W. Norton & Company.

[4] QUINTANILLA GATICA, M.; DAZA ROSALES, S. y CABRERA CASTILLO, H. G. (2014). *Historia y Filosofía de la Ciencia. Apuntes para una «nueva aula de ciencias», promotora de ciudadanía y valores*. Colombia, Bellaterra Ltda.

- Constituye un criterio de selección y secuenciación de los principales aprendizajes para la ciencia escolar.
- Permite al alumno conocer cómo se construye el conocimiento científico y valorar la ciencia como una actividad humana, colectiva, abierta y dinámica inscrita en un determinado contexto histórico, social, político y económico.
- Ayuda al aprendizaje de las ciencias por existir cierto paralelismo en la construcción del conocimiento científico a lo largo de la historia (los científicos tuvieron dudas, plantearon preguntas, llegaron a nuevas concepciones en contra de sus ideas previas…) y el aprendizaje de nuestros alumnos.
- Puede constituir un elemento motivador de interés e incluso ayudar a que el alumno valore la ciencia como un elemento más de la cultura.
- Actúa como marco de diálogo entre disciplinas y materias tanto científico-tecnológicas como humanísticas, sociales y filosóficas.

Por otro lado, desde los estudios históricos y sociales de la ciencia han sido varias las voces que han señalado la importancia de revisar el enfoque y el tratamiento dado a la historia de la ciencia en la enseñanza y la divulgación de las ciencias[5]. Así, se han publicado varios trabajos[6] que han puesto de manifiesto que la historia de la ciencia que podemos encontrar frecuentemente en libros de texto y de divulgación se suele basar, cuando está presente, en una lista de padres fundadores, experimentos cruciales y fechas clave. Una historia de la ciencia en algunos puntos mitificada e incluso estereotipada que si bien puede dar lugar a narrativas atractivas a ciertos públicos, puede haber inducido a una visión distorsionada de la actividad científica, de su historia y de la propia naturaleza de la ciencia[7].

De este modo, encontramos en la conexión didáctica-historia un área de investigación fértil para el didacta, que puede preguntarse sobre qué historia de la ciencia ha de enseñarse o cómo adecuar las perspectivas historiográficas y la investigación en historia de la ciencia a los objetivos de la alfabetización científica; y para el historiador de la ciencia, que puede contribuir a trasladar la enseñanza de la periferia al centro de la investigación histórica, entendiéndola como un espacio de creación de conocimientos y no de mera transmisión[8].

## Historia en el aula de Química: el caso de la alquimia

Varios trabajos en historia de la ciencia han contribuido a cuestionar y revisar las imágenes que en ocasiones existen sobre los científicos de tiempos pretéritos[9]. Frente a la imagen de estos personajes como héroes y genios que, con paso firme, derriban una teoría científica (que inmediatamente es olvidada) o que se adelantan a su tiempo; los estudios históricos y sociales de la ciencia han permitido matizar estos enfoques, ampliando el número de agentes, factores y espacios históricos. Un ejemplo de interés para la química lo encontramos en la alquimia, ora ignorada ora presentada como un periodo tenebroso de la historia de la química en los libros de texto. Varios trabajos en historia de la química han matizado esta imagen de la alquimia, revelándola como un conjunto de prácticas que realmente propiciaron el estudio de la materia y

---

[5] Bertomeu Sánchez, J. R. y García Belmar, A. (2008). La historia de la química: Pequeña guía para navegantes. Parte I: Viejas y nuevas tendencias. *Anales de Química*, 104 (1), pp. 56-63.

[6] Recientemente: Niaz, M. (2016). *Chemistry Education and Contributions from History and Philosophy of Science*. New York, Springer.

[7] Ávila Rodríguez, L. E. (ed.) (2011). *Química: Historia, Filosofía y Educación*. Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional.

[8] Kaiser, D. (ed.) (2005). *Pedagogy and the Practice of Science. Historical and Contemporary Perspectives.* London, MIT Press.

[9] El vocablo inglés para científico (*scientist*) no se acuñó hasta la década de los años treinta del siglo XIX, por lo que si se desea emplear con anterioridad a este periodo histórico, ha de matizarse.

de sus transformaciones en otros contextos. Sin juzgar la alquimia desde la teoría química moderna, estos trabajos han señalado que la alquimia proporcionó una pléyade de sustancias químicas, mezclas, disolventes, aparatos y técnicas que posteriormente serían de gran interés en el desarrollo de la química[10].

Por otro lado, desde el punto de vista educativo, cabe mencionar al menos tres motivos de interés para abordar la alquimia en el aula:

- *Motivacional.* Si mencionamos a Nicolas Flamel en clase, nuestros alumnos muy posiblemente pensarán en *Harry Potter y la piedra filosofal*, una buena «percha» (utilizando el símil periodístico) para comenzar a hablar de historia de la química.
- *Pedagógico-didáctico.* En muchos casos nuestros alumnos poseen ideas previas de tinte alquimista[11]. Por ejemplo, en ocasiones consideran que en las reacciones químicas es posible transmutar un elemento en otro[12]. Este marco puede ser interesante como primer estadio para abordar diversos aprendizajes como qué es un elemento (y sus distintos significados a lo largo de la historia), qué es una reacción química, qué ocurre en ellas a nivel atómico-molecular, etc.
- *Historiográfico-didáctico*. Nos ofrece la oportunidad de conocer la historia de la química en sí misma, pero también de conocer cómo hemos de aproximarnos a ella: 1) sin trasladar ideas de la ciencia actual a tiempos pretéritos y 2) sin juzgar desde nuestra ciencia actual, sino valorando la ciencia en su contexto. Un ejemplo significativo lo encontramos en la figura de Isaac Newton, cuya dedicación a la alquimia ha sido tachada de anecdótica u obviada en numerosas narrativas por ser algo impropio de un científico. Sin embargo, en el contexto de Newton, la alquimia era una de las muchas áreas a las que un filósofo natural podía dedicarse, sin que ello desmerezca en grado alguno sus contribuciones que hoy llamamos científicas[13].

## De la historia a la actualidad científica en el aula de Química

Si bien la historia de la ciencia permite mostrar al alumno cómo se ha construido el conocimiento científico (o que hoy llamamos científico) en el pasado (con aciertos y fallos, con logros y dificultades, con viejas y nuevas teorías que conviven, con colaboraciones y rivalidades, en definitiva, humanizando la ciencia), trabajar noticias científicas cotidianas en el aula puede contribuir a mostrar cómo se sigue construyendo actualmente. La combinación de historia de la ciencia con la actualidad científica permite generar en el alumno la visión de la ciencia como un producto cultural vinculado a un determinado contexto y sujeto a cambios y actualización[14]. Una empresa humana, colectiva y cercana (no obra de grandes genios aislados con capacidades superiores al resto de mortales) en la que puede tomar partida.

Entre las noticias químicas más recientes que pueden resultar de interés para el profesorado de Química de ESO y Bachillerato por su relación con los aprendizajes de dichas etapas, cabe destacar las siguientes:

- *Novedades en torno al enlace químico*, como el llamado enlace vibracional[15].

---

[10] HUNGER PARSHALL, K.; WALTON, M. T. y MORAN, B. T. (2015). *Bridging Traditions. Alchemy, Chemistry and Paracelsian Practices in the Early Modern Era.* Missouri, Truman State University Press.

[11] POZO, J. I. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química.* Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia.

[12] Sobre concepciones alternativas y reacciones químicas: http://rsc.li/2cHTaLN. [consultado el 18/9/2016].

[13] Sobre la alquimia en la obra de Newton: http://bit.ly/2cHQQEO. [consultado el 18/9/2016].

[14] FARA, P. (2014). ¿Qué es la ciencia? Confusiones de una historiadora. *Mètode. Science Studies Journal*, 84, pp. 45-49.

[15] FLEMING, D.G.; MANZ, J.; SATO, K. y TAKAYANAGI, T. (2014). Fundamental Change in the Nature of Chemical Bonding by Isotopic Substitution. *Angewandte Chemie*, 53, 13706-13709.

- *Nuevas formas alotrópicas de los elementos químicos*, tales como el grafeno, forma alotrópica del carbono cuyas propiedades electrónicas lo convierten en un material de gran interés tecnológico[16].
- *Aparición de compuestos «curiosos»*, como los compuestos $NaCl_3$ o $Na_3Cl$ que aparentemente desafían la estequiometría que cabría esperar para un compuesto iónico resultante de la combinación de sodio y cloro[17].
- *Novedades en la tabla periódica*, como la incorporación de nuevos elementos, como los de número atómico 113 (Nh), 115 (Mc), 117 (Ts) y 118 (Og)[18]; o nuevos estudios sobre el hidrógeno que pueden arrojar luz respecto a su polémica ubicación en la tabla periódica[19].

## Recursos, materiales e instituciones

Actualmente existen varios recursos, materiales e instituciones de interés para los docentes que deseen tanto conocer las investigaciones más recientes en historia de la química como los últimos avances en química. Algunos proyectos de comunicación científica han asumido entre sus objetivos difundir las investigaciones científicas más recientes de manera asequible para el público general. En esta línea destacarían proyectos como Materia (*El País*) o la Agencia SINC. Esta última cuenta con una sección de noticias específicas para matemáticas, física y química. Además, cabría destacar el papel de las cátedras y unidades de cultura científica de las distintas universidades, que a través de las redes sociales difunden las investigaciones realizadas en sus centros. Para el caso de la química, es de especial interés el proyecto C&EN en Español, una web que cuenta con numerosos artículos gratuitos de investigación química traducidos al castellano, entre otros materiales de interés para el aula, como infografías en las que se muestra la composición química de objetos cotidianos[20]. Desde la cultura y la comunicación, destacan medios como *Principia*, un proyecto que entre sus objetivos (tales como imbricar ciencia, artes y humanidades y reivindicar la ciencia como parte de la cultura), incluye promover la importancia de la historia de la ciencia, creando diversos materiales que pueden ser útiles al docente, como los recogidos en la *figura 2*[21].




*Figura 2. Ciencia a pares* es una de las iniciativas de *Principia* para acercar la historia de la ciencia a los más pequeños de forma lúdica e instructiva.

[16] El Premio Nobel de Física de 2010 fue concedido a los investigadores Andre Geim y Konstantin Novoselov por sus investigaciones sobre grafeno: http://bit.ly/2cHFsdA. [consultado el 18/9/2916].

[17] Moreno Martínez, L. *et al.* (2014). Noticias científicas relevantes: encontrados el $Na_3Cl$ y el $NaCl_3$. *Anales de Química*, 110 (1), pp. 87-88.

[18] Comunicado de la IUPAC anunciando los nombres y símbolos provisionales de los elementos 113, 115, 117 y 118: http://bit.ly/2cKkd7G. [consultado el 18/9/2016].

[19] Moreno Martínez, L. *et al.* (2013). Noticias científicas relevantes: ¿dónde colocamos al hidrógeno? *Anales de Química*, 109 (4), pp. 347-348.

[20] Para más información sobre C&EN en Español: http://bit.ly/2cVAgEE. [consultado el 18/9/2016].

[21] En *Principia* es posible encontrar efemérides científicas de interés para suscitar hablar de historia de la ciencia en el aula, así como algunos artículos que tratan de acercar los nuevos enfoques en historia e historiografía de la ciencia al gran público e incluso juegos, como *Ciencia a Pares* (figura 2). Todo ello se puede consultar en la web http://bit.ly/2cndWlj, [consultado el 18/9/2016].

En relación a las investigaciones en historia de la ciencia, cabe destacar la labor del Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia «López Piñero» de la Universidad de Valencia, centro de formación e investigación en estudios históricos y sociales de la ciencia, la tecnología y la medicina ampliamente implicado en tareas educativas y divulgativas[22]. Asimismo, recientemente se ha constituido el Grupo de Trabajo en Historia y enseñanza de las ciencias (HISENCIEN), cuyo objetivo es promover el estudio de la historia de la enseñanza de las ciencias (especialmente, de la Física y de la Química en España en los siglos XIX y XX) desde el punto de vista de las últimas investigaciones sobre ciencia e historia en las aulas (*figura 3*)[23]. Todo ello con el fin de propiciar un marco de diálogo permanente entre didáctica e historia de la ciencia profundamente fértil, enriquecedor y necesario para la enseñanza de las ciencias en nuestros centros educativos, tal y como se ha reflejado a lo largo del presente trabajo[24].




*Figura 3.* Página web del proyecto «La ciencia en las aulas (1800-2000): Historia y enseñanza de las ciencias» del Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia «López Piñero» de la Universidad de Valencia. En ella se puede encontrar abundante material de interés didáctico, pedagógico e histórico distribuido en varias secciones (biografías, espacios, libros de texto, manuales…).

[22] Las actividades (seminarios, matinales, ciclos de conferencias, exposiciones temporales y permanentes, congresos, ciclos de cine, colaboraciones con medios de comunicación, etc.) organizadas por el IHMC «López Piñero» se pueden consultar en su web: http://bit.ly/2dbav2C. [consultado el 18/9/2016].

[23] La página web del proyecto *La ciencia en las aulas (1800-2000): Historia y enseñanza de las ciencias* se encuentra disponible en este enlace: http://bit.ly/2cZHUd9. [consultado el 18/9/2016].

[24] Para ampliar información sobre instituciones europeas dedicadas a la historia de la química, así como sobre centros de enseñanza, fuentes, recursos y otros materiales relacionados con la historia de la química, se recomienda la lectura del artículo: BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. y GARCÍA BELMAR, A. (2008). La historia de la química: Pequeña guía para navegantes. Parte II: Libros, revistas, sociedades, centros de investigación y de enseñanza. *Anales de Química*, 104 (2), pp. 146-153. Asimismo, se puede encontrar información bibliográfica adicional en este enlace: http://bit.ly/2cA927i [consultado el 18/9/2016].

## Conclusiones

La revisión de recursos e investigaciones llevada a cabo en el presente trabajo corresponde a una línea de investigación más amplia realizada por el Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas (DICEMA) de la Facultad de Formación de Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid. Dicha investigación pretende analizar el tratamiento y los usos didácticos de la historia de la química en libros de texto de Física y Química de ESO y Bachillerato[25]. Para ello, se hace fundamental recorrer la interfase entre historia de la ciencia e investigación didáctica, potenciando puentes y derribando muros entre ambas disciplinas.

El caso de la alquimia ha permitido ilustrar la importancia de imbricar didáctica e historia de la ciencia en el aula de química, poniendo de manifiesto:

- La necesidad de revisar los aspectos históricos recogidos en los materiales educativos, contrastándolos con los resultados procedentes de la investigación histórica a fin de no introducir imágenes distorsionadas de los personajes, épocas u otros elementos relacionados con la historia de la química.
- La importancia de aproximarnos a la historia de la química sin trasladar esquemas actuales, tratando de comprender y valorar prácticas como la alquimia en su contexto.

Asimismo, la incorporación de noticias científicas actuales al aula permite:

- Evitar presentar la ciencia química del presente como una actividad cerrada y definitiva, algo que se ve reforzado cuando el alumno valora el conocimiento científico en perspectiva histórica.
- Propiciar la colaboración entre la investigación científica, la comunicación de la ciencia y el aula.

A tenor de todo ello, se colige la necesidad de establecer marcos de diálogo y reflexión en torno a la enseñanza de las ciencias en los que converjan la didáctica, la historia de la ciencia y la comunicación científica. La colaboración de estas tres disciplinas, con sus diferencias y aproximaciones, propiciará la adquisición en el alumnado de una visión de la ciencia, en general, y de la química, en particular, como una actividad humana, en absoluto atemporal ni ahistórica, a la par que ayudará a derribar fronteras entre las maniqueas «ciencias» y «letras» en un mundo en el que la interdisciplinariedad se erige como un reto y, cada vez más, como una necesidad.

[25] Más información sobre la investigación en la página web del grupo de investigación (http://bit.ly/2cRfW6c) y en el espacio virtual del investigador (https://luismomz.me) [consultados el 18/9/2016].

# Estudio de la continuidad de los elementos del currículo de Ciencias Naturales y Biología y Geología en la educación obligatoria en la Comunidad Valenciana

Meritxell Notari Llorens

*Departamento de Ciencias Sociales y Humanas. Universidad Miguel Hernández de Elche*
*Avda. de la Universidad, s/n - 03202 Elche, Alicante (España)*

Francisco Pardo Fabregat

*Departamento de Ciencias de la Educación. Universidad Cardenal Herrera - CEU*
*C/ Grecia, 31 - 12006 Castellón de la Plana (España)*
francisco.pardo@uch.ceu.es

Manuel Miguel Jordán Vidal

*Departamento de Agroquímica y Medioambiente. Universidad Miguel Hernández de Elche*
*Avda. de la Universidad, s/n - 03202 Elche, Alicante (España)*

**Palabras clave:** Competencias clave, ciencias de la naturaleza, educación obligatoria.

**Keywords:** Key competences, natural sciences, compulsory education.

**Resumen**

España incorporó las competencias básicas en el año 2006 con la Ley Orgánica de Educación con el fin de afianzar el aprendizaje significativo. Esta incorporación surge en el sistema educativo español tras el debate en diferentes organizaciones internacionales sobre el currículo educativo. Estas se modificaron en el año 2013 con la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa. Se presenta una comparación y análisis de la continuidad tanto de las competencias clave como de los contenidos curriculares de las asignaturas de Ciencias de la Naturaleza y Biología y Geología en la educación obligatoria.

**Summary**

Subsequent to the debate by international organizations about the syllabus, a set of recommendations were developed about the need that all citizens gain a number of key competencies leading to meaningful learning. Spain incorporated key competencies in the year 2006 with the «Ley Orgánica de Educación» and these were modified in 2013 with the «Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa». Here it is presented a comparison and analysis of the continuity both key competencies and of the contents in the subjects of natural sciences and biology and geology in compulsory education.

## INTRODUCCIÓN

A raíz del debate abierto por organismos internacionales sobre el currículo educativo de los ciudadanos, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Unión Europea (UE) elaboraron una serie de recomendaciones sobre la necesidad de que los ciudadanos adquieran una serie de competencias clave para el desarrollo de un aprendizaje significativo. Estas [1]recomendaciones del Parlamento y del Consejo Europeo vienen recopiladas en el Diario Oficial de la Unión Europea número 962 del año 2006.

Una competencia clave, definida por el Proyecto de definición y selección de competencias (DeSeCo)[2] en el año 2003, «es la capacidad de responder a las demandas y llevar a cabo las tareas de forma adecuada. Surge de la combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz». Las competencias clave son las bases sobre las que se construye el aprendizaje y el lugar de convergencia de todas las áreas y materias del currículo.

La Unión Europea incorporó ocho competencias básicas en el currículo en el año 2005. España incorporó estas en la Ley Orgánica de Educación (LOE)[3] como objetivo de su sistema educativo, aunque esta incorporación no fue sin dificultades. Esta incorporación se mantiene en la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE)[4] del año 2013 donde dichas competencias clave[5] pasan a ser siete. Estas [6]competencias están relacionadas con los contenidos y criterios de evaluación, dichas relaciones se recogen en la Orden ECD/65/2015[7] donde se describe esta relación entre todas las etapas de educación, es decir, en Educación Primaria, Secundaria y Bachillerato.

El paso de competencias básicas –en la LOE– a competencias clave –en la LOMCE– se realizó para ajustarse al marco de referencia europeo. La LOMCE renombra ligeramente algunas de las competencias básicas, aúna las relativas al mundo científico y matemático, y elimina la autonomía personal para sustituirla por sentido de iniciativa y espíritu emprendedor. La siguiente tabla (*tabla 1*) compara las competencias básicas propuestas en la LOE con las competencias clave propuestas en la LOMCE.

## OBJETIVOS

En el presente trabajo, se presenta una comparación y análisis de la continuidad de las competencias clave y la aportación que las asignaturas de ciencias –Ciencias de la Naturaleza y Biología y Geología– realizan en la educación obligatoria, Educación Primaria y Educación Secundaria respectivamente, en la Comunidad Valenciana.

---

[1] Recomendación del parlamento europeo y del consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente (2006/962/CE). Diario Oficial de la Unión Europea, n.º 962.

[2] Organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE). (2005). *La definición y selección de competencias clave* (Definition and Selection of Competencies (DeSeCo)). *http://www.oecd.org/edu/skills-beyond-school/definitionandselectionofcompetenciesdeseco.html* [consultado el 19/04/2016].

[3] Ley Orgánica de Educación. Ley 2/2006, de 3 de mayo. Boletín Oficial del Estado, n.º 106.

[4] Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa. Ley 8/2013, de 9 de diciembre. Boletín Oficial del Estado, n.º 295.

[5] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. *http://www.mecd.gob.es/mecd/educacion-mecd/mc/lomce/el-curriculo/curriculo-primaria-eso-bachillerato/competencias-clave/competencias-clave.html* [consultado el 19/04/2016].

[6] MUÑOZ, C. y PARDO, F. (2016). El emprendimiento en el sistema educativo español. Acta Científica y Tecnológica. (26) En prensa.

[7] Orden por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria obligatoria y el Bachillerato. Orden ECD/65/2015, de 21 de enero. Boletín Oficial del Estado, n.º 25.

| Competencias básicas LOE | Competencias clave LOMCE |
|---|---|
| Competencia en comunicación lingüística | Competencia en comunicación lingüística |
| Competencia matemática | Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología |
| Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico | |
| Tratamiento de la información y competencia digital | Competencia digital |
| Competencia social y ciudadana | Competencias sociales y cívicas |
| Competencia cultural y artística | Conciencia y expresiones culturales |
| Competencia para aprender a aprender | Aprender a aprender |
| Autonomía e iniciativa personal | Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor |

*Tabla 1*. Tabla comparativa entre las competencias básicas propuestas en la LOE con las competencias clave propuestas en la LOMCE. Elaboración propia.

## Material y métodos

Para alcanzar los objetivos marcados, se analizaron las diferentes normas legislativas educativas (desde las recomendaciones europeas hasta las autonómicas). Se compararon los cursos de educación obligatoria, es decir, Educación Primaria (cursos desde 1.º a 6.º de Primaria) y Educación Secundaria (cursos 1.º, 3.º y 4.º de Educación Secundaria). Estas son:

- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de educación[3].
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa[4].
- Orden por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato. Orden ECD/65/2015, de 21 de enero. Boletín Oficial del Estado, n.º 25[7].
- Decreto 108/2014, de 4 de julio, del Consell, por el que se establece el currículo y se desarrolla la ordenación general de la Educación Primaria en la Comunitat Valenciana[8].
- Decreto 87/2015, de 5 de junio, del Consell, por el que se establece el currículo y se desarrolla la ordenación general de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunitat Valenciana[9].

Tras la revisión bibliográfica y realizar un estado de la cuestion, se elaboraron categorizaciones con el fin de comparar dichos documentos. Posteriormente se realizó un análisis estadístico tomando la herramienta SPSS (21.0)[10]. Tras la identificación de los resultados, se interpretaron los mismos basándose en la técnica de discusión de gabinete.

[8] Decreto 108/2014, de 4 de julio, del Consell, por el que se establece el currículo y se desarrolla la ordenación general de la Educación Primaria en la Comunitat Valenciana [2014/6347].

[9] Decreto 87/2015, de 5 de junio, del Consell, por el que se establece el currículo y se desarrolla la ordenación general de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunitat Valenciana [2015/5410].

[10] IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp..

## RESULTADOS

### EDUCACIÓN PRIMARIA

En Educación Primaria los bloques en los que se dividen los contenidos son los siguientes:

- Bloque 1: Iniciación a la actividad científica.
- Bloque 2: El ser humano y la salud.
- Bloque 3: Los seres vivos.
- Bloque 4: Materia y energía.
- Bloque 5: La tecnología, objetos y máquinas.

Se observa una continuidad en la Educación Primaria, siendo los bloques de contenidos y contenidos los mismos durante toda la etapa de Educación Primaria. La diferencia entre los cursos de Educación Primaria recae en que a lo largo de dicha etapa, los contenidos se amplían y elevan su nivel de dificultad adaptándolo así al desarrollo y conocimientos del alumno correspondiente a cada curso de Educación Primaria.

Respecto a las competencias, *figura 1*, las ciencias naturales aportan mayoritariamente a la *competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología*, tal y como se espera; en segundo lugar, se encuentra la competencia *sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor*, y en tercer lugar, *competencia para aprender a aprender*. Es en estas competencias donde vemos que es en la Educación Primaria donde se motiva a los alumnos a ser autónomos.

a) b)

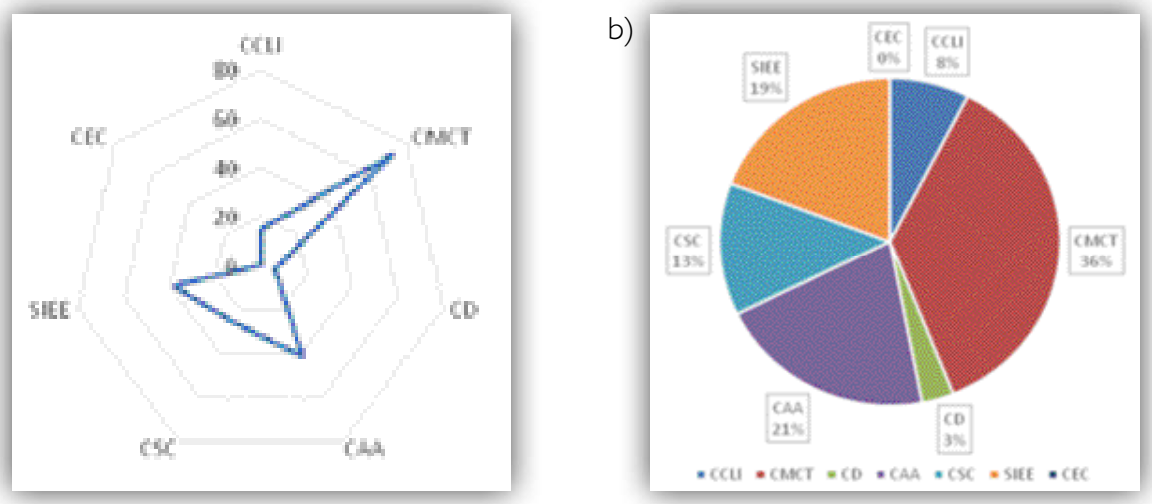



*Figura 1*. Presencia de las competencias en Ciencias de la Naturaleza en la etapa de Educación Primaria. a) Gráfica de radar. b) Diagrama de sectores. En ellas se informa de frecuencia y porcentaje respectivamente de la presencia de las competencias en la asignatura de Ciencias de la Naturaleza.

Abreviaturas de las competencias:

CCLI: Competencia en comunicación lingüística; CMCT: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología; CD: Competencia digital; CSC: Competencias sociales y cívicas; CEC: Conciencia y expresiones culturales; CAA: Aprender a aprender; SIEE: Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor.

Al observar las figuras de distribución de competencias por curso y bloque, *figura 2*, observamos una continuidad de estas a lo largo de toda la etapa. Si nos fijamos en el bloque 1, iniciación a la actividad científica, vemos que la competencia a aprender a aprender se mantiene a lo largo de la etapa de

Educación Primaria en un porcentaje similar. Por otra parte, también se observa una continuidad en la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología que aparece en todos los bloques en todos los cursos.

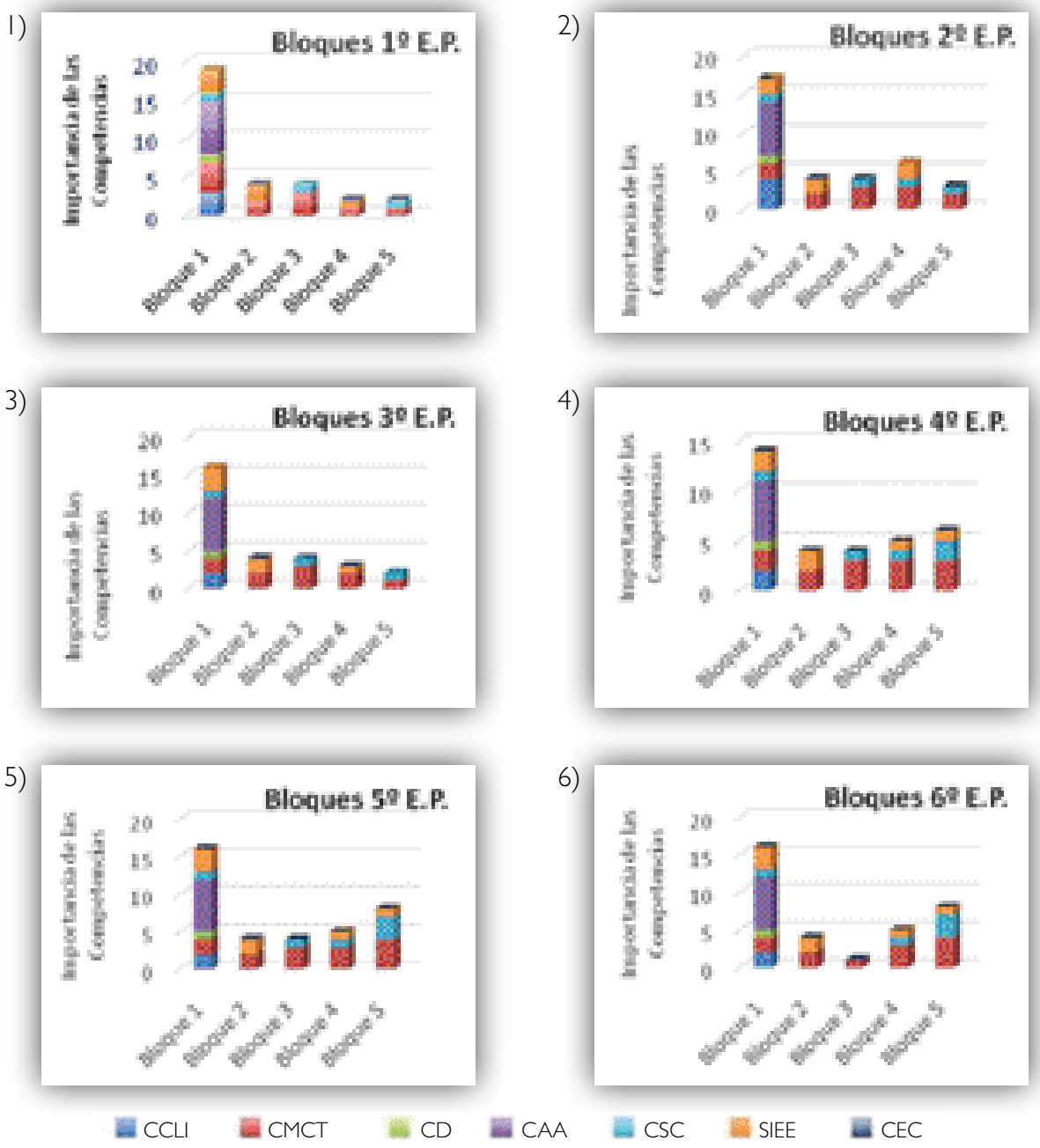



*Figura 2.* Diagrama de barras donde se relaciona las competencias que aparecen en cada bloque en la etapa de Educación Primaria en la asignatura de Ciencias de la Naturaleza. Las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se corresponden con los cursos de 1.º, 2.º, 3.º, 4.º, 5.º y 6.º de Educación Primaria.

Abreviaturas de las competencias:

CCLI: Competencia en comunicación lingüística; CMCT: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología; CD: Competencia digital; CSC: Competencias sociales y cívicas; CEC: Conciencia y expresiones culturales; CAA: Aprender a aprender; SIEE: Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor.

## EDUCACIÓN SECUNDARIA

En Educación Secundaria los bloques en los que se dividen los contenidos son los siguientes:

### 1.º ESO

- Bloque 1: metodología científica y proyecto de investigación
- Bloque 2: la Tierra en el universo
- Bloque 3: la biodiversidad en el planeta Tierra
- Bloque 4: el relieve terrestre y su evolución

### 3.º ESO

- Bloque 1: metodología científica y proyecto de investigación
- Bloque 2: las personas y la salud
- Bloque 3: los ecosistemas

### 4.º ESO

- Bloque 1: metodología científica y proyecto de investigación
- Bloque 2: la evolución de la vida
- Bloque 3: la dinámica de la Tierra
- Bloque 4: ecología y medio ambiente

Si observamos los bloques de contenidos de la etapa de Educación Secundaria, esta continuidad no resulta tan evidente como en Educación Primaria, aunque sí se consigue cierta continuidad entre contenidos durante toda la etapa. Como ejemplo de dicha continuidad tenemos el bloque 1, metodología científica y proyecto de investigación, el cual se mantiene a lo largo de toda la etapa. Otro ejemplo son los bloques 3 y 4 de 1.º de ESO los cuales sirven como base para el bloque 3 de 2.º de ESO siguiendo de este modo cierta continuidad respecto a contenidos.

En referencia a las competencias, *figura 3*, la asignatura de Biología y Geología aporta mayoritariamente la *competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología*, tal y como ocurre en la etapa de Educación Primaria, y en segundo lugar *competencia social y cívica*. Es en esta competencia donde se muestra que los alumnos ya han madurado y empiezan a conocer y empatizar con los problemas de la sociedad contemporánea. En esta etapa, después de haber fundado las bases del conocimiento en Educación Primaria, formamos a los adultos de la sociedad del futuro.

a) b)

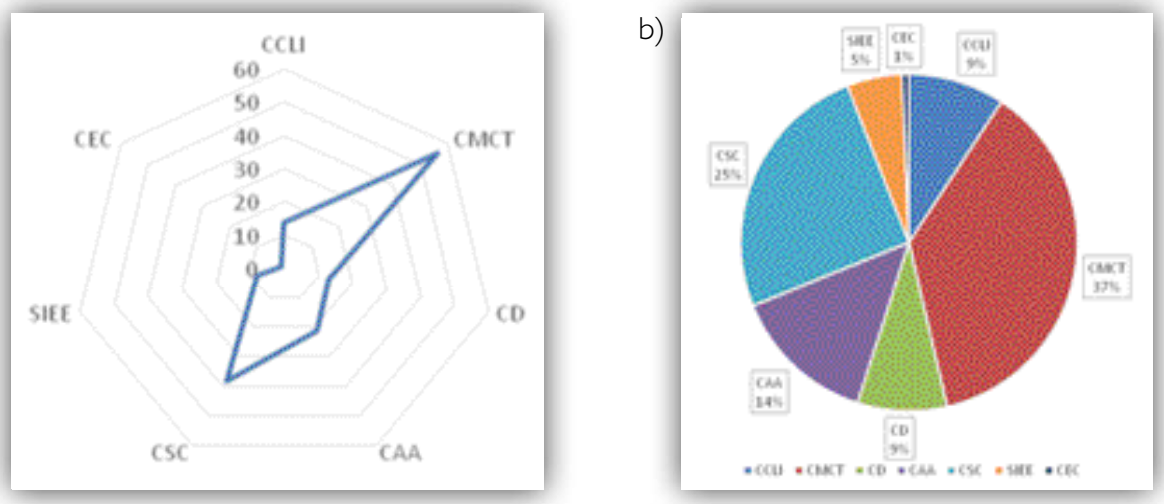



*Figura 3.* Presencia de las competencias en Biología y Geología en la etapa de Educación Secundaria. a) Gráfica de radar. b) Diagrama de sectores. En ellas se informa de frecuencia y porcentaje respectivamente la presencia de las competencias en la asignatura de Biología y Geología.

Si observamos las figuras de distribución de competencias por curso y bloque, *figura 3*, no observamos una continuidad tan evidente como en la etapa de Educación Primaria. Sí se observa una continuidad en la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología que aparece en todos los bloques en todos los cursos junto con la competencia social y cívica.

Por otra parte se observa que en el bloque 1 –metodología científica y proyecto de investigación–, el equivalente al bloque 1 en Educación Primaria que es iniciación a la actividad científica, que la competencia aprender a aprender aparece en los tres cursos de la etapa de Educación Secundaria, aunque en una menor frecuencia respecto a Educación Primaria.

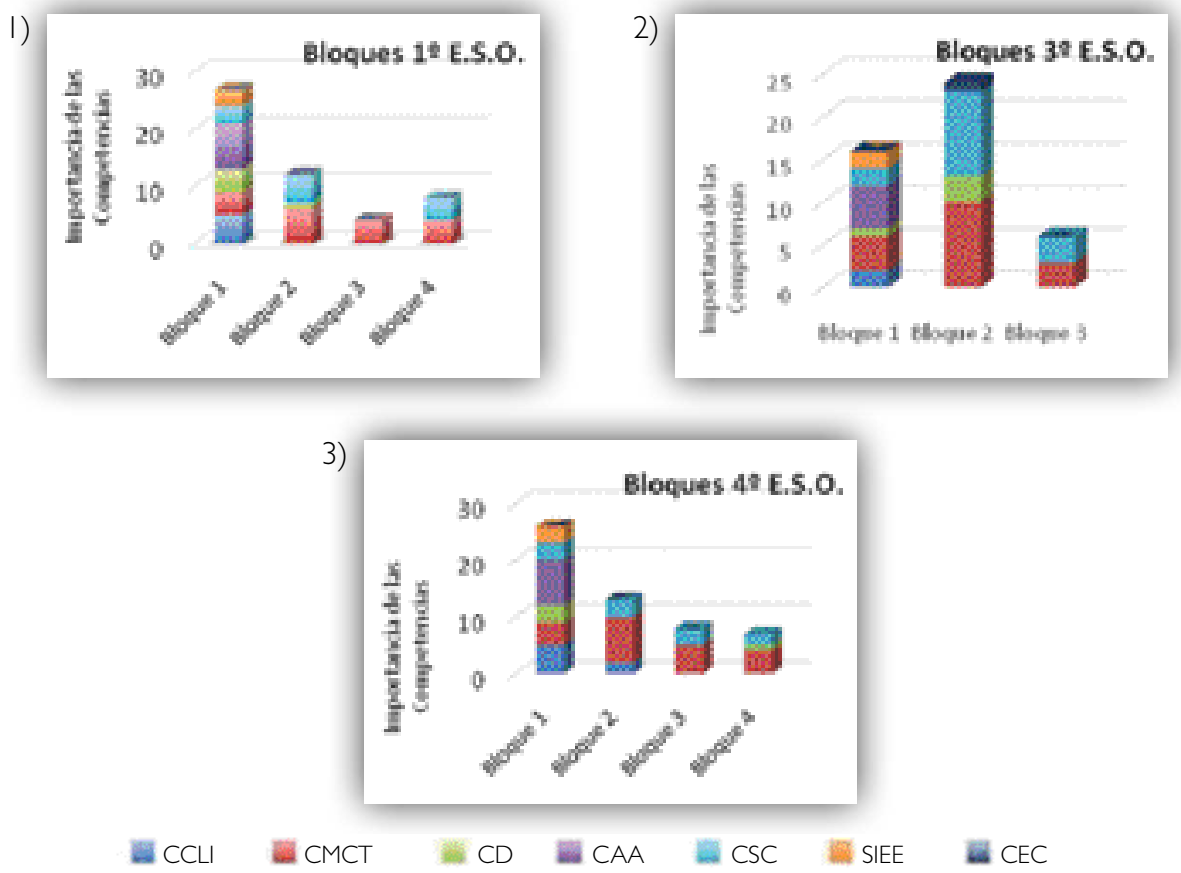



*Figura 4.* Diagrama de barras donde se relaciona las competencias que aparecen en cada bloque en la etapa de Educación Secundaria en la asignatura de Bilología y Geología. Las figuras 1, 2 y 3 se corresponden con los cursos de 1.º, 3.º y 4.ºde Educación Secundaria.

Abreviaturas de las competencias:

CCLI: Competencia en comunicación lingüística; CMCT: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología; CD: Competencia digital; CSC: Competencias sociales y cívicas; CEC: Conciencia y expresiones culturales; CAA: Aprender a aprender; SIEE: Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor.

## Conclusiones

Las conclusiones de este trabajo respecto a la continuidad de los contenidos de ciencias en la educación obligatoria son las siguientes: se observa que contenidos de Ciencias Naturales en Educación Primaria

están englobados en las asignaturas de Biología y Geología y Física y Química en Educación Secundaria, pero no todos los contenidos de Biología y Geología de Educación Secundaria están contenidos **únicamente** en la asignatura de Ciencias Naturales, sino que además están englobados en la asignatura de Ciencias Naturales y en la asignatura de Ciencias Sociales. Es por este motivo que si observamos **únicamente** los contenidos de Ciencias Naturales y Biología y Geología vemos un salto de dificultad en los mismos y al mismo tiempo los alumnos ven los contenidos compartimentalizados y no ven una conexión, o interdisciplinariedad, entre las asignaturas de ciencias.

Respecto a la continuidad de las competencias en la educación obligatoria se observa que, tal y como cabe esperar, la competencia que está más representada en las asignaturas de Ciencias Naturales y Biología y Geología, en Educación Primaria y Secundaria respectivamente, es la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología. Al contrario ocurre con la competencia en conciencia y expresiones culturales, que se encuentra en último lugar en porcentaje de representación. Por otro lado, la competencia en sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor en la etapa de Educación Primaria tiene bastante importancia, ocupa un segundo lugar en representación, al contrario ocurre en Educación Secundaria donde está relegada a un quinto lugar, es decir, tiene muy poca presencia en esta etapa. Esto nos lleva a reflexionar que, si es en esta etapa donde se adquieren nuevos conceptos científicos para los cuales los alumnos deben poseer un espíritu crítico, tal y como indica la orden 65/2015, ¿por qué esta competencia es relegada a un segundo plano y no se potencia en la etapa de Educación Secundaria? Finalmente, la competencia social y cívica en la Educación Secundaria tiene una mayor presencia, aparece en todos los bloques de contenidos de dicha etapa, al contrario ocurre en la etapa de Educación Primaria donde su presencia es menor. Esta condición es debida a que los alumnos, en la etapa de Educación Secundaria, poseen una mayor capacidad y madurez y deben relacionarse y participar de una forma activa y democrática en la vida social y cívica de este mundo que les y nos pertenece.

En resumen, tras el análisis de los currículos de la educación obligatoria en la Comunidad Valenciana, tanto competencias clave como contenidos, se observa una continuidad en la Educación Primaria siendo los bloques de contenidos y sus contenidos los mismos durante toda la etapa de Educación Primaria, pero a lo largo de esta, los contenidos se amplían y elevan su nivel de dificultad adaptándolo al desarrollo del alumno correspondiente a cada curso de Educación Primaria. Si observamos los bloques de contenidos y contenidos de la etapa de Educación Secundaria, esta continuidad no resulta evidente, pero sí se consigue cierta continuidad entre contenidos durante toda la etapa. Por otra parte, se observa un salto de dificultad entre los contenidos de ambas etapas de la educación obligatoria. Respecto a las competencias, la aportación de las asignaturas de Ciencias Naturales y Biología y Geología, se observa que tal y como se espera dichas asignaturas se observa una aportación similar de competencias, principalmente competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, entre ambas etapas de educación obligatoria.

# ¿Y tú de quién eres? Una propuesta didáctica sobre genética basada en la Investigación Dirigida de *Tyrannosaurus rex*

María Palacín Fernández, Lourdes Jiménez-Taracido

*Grupo INCISO de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)*
*Gran Vía Rey Juan Carlos I, 41 - 26002 Logroño, La Rioja (España)*
mariapalacinfedz@gmail.com / lourdes.jimenez@unir.net

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 [2015- 2017].

**Palabras clave:** Genética y biología molecular, aprendizaje significativo, Investigación Dirigida, ideas previas, metacognición.

**Keywords:** Molecular Biology and Genetics, the methodological strategies, preconceptions, scientific skills, oriented research.

**Resumen**

Los avances en la genética y la biología molecular se han precipitado en las últimas décadas, por lo que se hace imprescindible dotar a los alumnos de una buena formación en estos temas. Desde la didáctica de las ciencias se ha investigado sobre las ideas previas que los alumnos de Secundaria poseen en este, área evidenciando errores y carencias. Sin embargo, se ha comprobado que promoviendo cambios, sobre todo en la estrategia docente, puede lograrse un aprendizaje significativo de los mismos.

Se propone la realización de una secuencia didáctica destinada a alumnos de 4.º de ESO, bajo el enfoque de Investigación Dirigida, en un contexto motivador que tiene como hilo conductor la cría de dinosaurios. Dicha propuesta consta de diferentes actividades que, siguiendo las directrices de la didáctica de las ciencias, tiene en cuenta las ideas previas de los alumnos, proporciona oportunidades de revisión, y también favorece la metacognición y el desarrollo de habilidades científicas.

**Abstract**

Advances in molecular biology and genetics have been developed very quickly recently and are closely related with the society. Scientists in the Teaching Science area, have been investigating on previous ideas that high school students have, highlighting gaps and conceptual mistakes. Therefore is compulsory to change the methodological strategies to teach this issues.

The proposal of this work is suggest a didactic sequence based on principles of constructivism and oriented research. It has several activities that create a motivating environment, in a context of breeding dinosaurs, and takes into account students preconceptions, stimulates metacognition and helps to the development of scientific skills. It consists of different activities, following the guidelines of the researchers in how to teach science, takes into account previous ideas of students, opportunities for review, stimulates metacognition and development of scientific skills

## Introducción

Numerosos autores (Morales, Mazzitelli y Olivera, 2015[1]; Pozo y Gómez, 2009[2]) alertan del desinterés creciente hacia las ciencias que experimentan los alumnos en la etapa de Secundaria. Un factor clave que explica esta situación recae en la metodología usual en el aula.

La carga lectiva, el cambio constante en los planes de estudio, la agenda oculta del profesorado, hace que el recurso tiempo sea un bien escaso. Esto les conduce al uso, en muchos casos, de una metodología tradicional de transmisión-recepción. Esta metodología de enseñanza es, a día de hoy, muy patente en nuestras aulas (Franco-Mariscal, 2015[3]) a pesar de que es sabido que no favorece el aprendizaje significativo.

Partiendo de estos problemas generales que se presentan en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y concretando para los temas de genética y biología molecular, estos problemas son todavía más patentes (Johnstone y Mahmoud, 1980[4]).

Pese a que distintas investigaciones señalan que la genética y la biología molecular son de las áreas que presentan mayores dificultades para el alumnado, se ha demostrado mediante estudios de investigación en didáctica de la genética y la biología molecular, que un cambio en la metodología docente puede modificar los errores del alumnado y obtener una enseñanza de la genética y la biología molecular más eficaz (Lewis y Wood-Robinson, 2000[5]; Venville y Dawson, 2010[6]).

Así, visto este panorama, el docente tiene la oportunidad y el deber de innovar hacia otros enfoques. En este sentido, autores como Íñiguez y Puigcerver (2013)[7] afirman la idoneidad de apostar por una propuesta constructivista de enseñanza de la genética y la biología molecular y otros como Moya, Chaves y Castillo (2010)[8] abogan por la conveniencia de utilizar enfoques basados en la investigación y resolución del problema.

---

[1] Morales, L., Mazitelli, C. y Olivera, A. (2015). La enseñanza y el aprendizaje de la Física y de la Química en el nivel secundario desde la opinión de estudiantes. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias,* 10(2), pp. 11-19.

[2] Pozo, J. I., y Gómez, M. Á. (2009). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid, Morata.

[3] Franco-Mariscal, A. J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias,* 33(2), pp. 231-252.

[4] Johnstone, A. y Mahmoud, N. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty school biology. *Journal of Biological Education*, 14(2), pp. 163-166.

[5] Lewis, J. y Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance-do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), pp. 177-195.

[6] Venville, G. J. y Dawson, V. M. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning, and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), pp. 952-977.

[7] Íñiguez F. J. y Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), pp. 307-327.

[8] Moya, A.; Chaves, E. y Castillo, K. (2010). La investigación dirigida como un método alternativo en la enseñanza de las ciencias. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 6(1), pp. 115-132.

## ENFOQUE DE ENSEÑANZA MEDIANTE INVESTIGACIÓN DIRIGIDA

La Investigación Dirigida o Investigación Orientada no es más que una actividad experimental que requiere la participación activa del estudiante y que orienta la búsqueda de evidencias que permitan resolver un problema práctico o contestar un cuestionamiento teórico (Furió, 2001[9]).

Es decir, se propone a los estudiantes un contexto de investigación convenientemente orientado, y guiado por el docente, de manera que las conclusiones de dicha investigación sean explicaciones razonables al problema. El rol de profesor como orientador y guía de la investigación diferencia la Investigación dirigida del denostado aprendizaje por descubrimiento.

La utilización de esta estrategia de Investigación Dirigida favorece la reflexión, la resolución de problemas y el trabajo práctico, así como la educación en valores, ya que a la hora de llevar un trabajo de investigación, por simple que sea, el alumno se formará en valores como la disciplina y la tenacidad (Rojas, 2000 citado por Moya y col. 2010.

Sin embargo, este enfoque también tiene inconvenientes, ya que como método de enseñanza requiere un esfuerzo considerable y requiere de cambios drásticos en la elaboración del currículo, así como cambios procedimentales y actitudinales. Otra dificultad es el paralelismo que se establece entre alumno y científico, ya que los alumnos, a diferencia de los científicos, no son expertos en la materia, y para que puedan actuar como pequeños científicos la materia debe estar muy simplificada (Thirberghien, Psillos, Koumaras, 1995 citados en Campanario y Moya, 1999[10]).

Desde el punto de vista del alumno, este enfoque requiere un alto grado de implicación y esfuerzo, y no siempre el alumnado está dispuesto a responder a este nivel de exigencia (Gil y Martínez-Torregrosa, 1987)[11]. No obstante, superados estos inconvenientes, la Investigación Dirigida, se puede considerar como un método de construcción del aprendizaje, ya que a través de este proceso se dota a los estudiantes de herramientas para el autoaprendizaje (Cañal y Porlán, 1987[12]).

Para realizar una secuencia didáctica enmarcada en el enfoque de Investigación Dirigida, en primer lugar, hay que incentivar el interés de los alumnos por el tema que va a abordarse y han de plantearse situaciones problemáticas o desafíos, esta secuencia sería:

1. Los alumnos deben estudiar la situación planteada, para lo que el docente debe dotarles de herramientas con tal fin (protocolo a seguir, materiales, páginas web de consulta).
2. Los problemas deben tratarse con una visión científica, elaborando hipótesis y sacando conclusiones.
3. Buscar vías alternativas a la solución del problema.
4. Aplicar las estrategias, conceptos o procedimientos con fundamento.
5. Idear nuevas situaciones a partir del proceso.
6. Elaborar una memoria final en la que se analice tanto el procedimiento como el resultado.

En cuanto a la evaluación, debe basarse en el trabajo diario de los estudiantes, deben diseñarse actividades que retroalimenten no solo el producto sino el proceso. Las actividades de enseñanza que se realicen durante todo el proceso deben tener carácter evaluativo. Este aspecto es una de las mayores

[9] FURIÓ, C. (2001). Finalidad de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria: ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Revista de Enseñanza de las ciencias,* 2(2), pp. 365-376.

[10] CAMPANARIO, J. M. y MOYA, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 17, pp. 179-192.

[11] GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1987). Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, pp. 3-12.

[12] CAÑAL, P. y PORLÁN, R. (1987). Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 5, pp. 89-96.

dificultades para la implementación de este modelo, ya que requiere un cambio conceptual en el docente sobre la evaluación.

## Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la genética en ESO

Partiendo de los problemas generales que se presentan en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias cuando se refieren a la temática de genética y biología molecular, las dificultades son todavía más patentes (Johnstone y Mahmoud, 1980[13]).

Para estas materias en concreto, se han identificado las siguientes dificultades (Ayuso, Banet y Abellan, 1996[14]):

- La genética contiene numerosos conceptos abstractos.
- El nivel de desarrollo cognitivo del estudiante. Existe una gran controversia entre autores en cuanto a la edad ideal para introducir los conceptos de genética.
- El nivel de competencia matemática necesario para la resolución de problemas de genética.
- Las ideas previas en los estudiantes. Cuando los estudiantes afrontan el aprendizaje de nuevos contenidos, en especial los de carácter científico, no tienen un total desconocimiento acerca de los mismos. A través de diversas fuentes han estado recibiendo información sobre ellos y han construido sus propias concepciones, más o menos acertadas y que pocas veces suelen coincidir con las que se consideran correctas.

Con respecto a las ideas previas, los estudios realizados por distintos autores de referencia en el campo de la didáctica de la genética, han evidenciado una serie de preconceptos que poseen los alumnos de Secundaria en esta materia y que pueden ser agrupados en tres epígrafes problemáticos:

- La localización del material hereditario.
- El mecanismo de la herencia.
- El entendimiento de conceptos genéticos básicos.

Si bien el conocimiento de las ideas previas de nuestros alumnos es crucial para favorecer su aprendizaje, existen evidencias de la resistencia al cambio que estas presentan. Por eso, se hace necesario la incorporación de nuevas estrategias al enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias en la etapa de Secundaria como es las Investigaciones Dirigidas así como el estudio de otros componentes del aprendizaje como la metacognición.

## Propuesta didáctica

Se propone una Investigación Dirigida para introducir la genética mendeliana, así como trabajar los conceptos que ocasionan más dificultad: gen y alelo, dominancia y recesividad, variabilidad intraespecífica y codominancia, entre otros.

La propuesta, basada en la ideada por Tellinghuisen, Sexton y Shevin's (2011)[15], gira en torno a la cría de *Thiranosaurus rex*. Se pretende que con ella que el alumnado sea capaz de construir significados más

[13] Johnstone, A. y Mahmoud, N. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty school biology. *Journal of Biological Education, 14*(2), 163-166.

[14] Ayuso, E.; Banet, E. y Abellan, T. (1996). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de las Ciencias,* 14(2), p. 142.

[15] Tellinghuisen, P.; Sexton, J. y Shevin's, R. (2011). Breeding dragons: investigating Mendelian inheritance (18), 40-44. Recuperado de http://www.scienceinschool.org.

correctos y elaborados, a través de una investigación dirigida en un contexto imaginario de cría de dinosaurios.

Como competencia principal se trabajará la de interacción con el mundo físico así como las competencias de aprender a aprender, autonomía e iniciativa personal y matemática.

La propuesta comienza con la siguiente historia:

«Como ya todos sabréis, los *Tyrannosaurus rex* fueron unos dinosaurios carnívoros, con muy mala fama, que vivieron en el Cretácico, pero pongámonos a imaginar: imaginemos que al igual en la película de *Jurassic Park*, o *Jurassic World*, tenemos a nuestra disposición dos *Tyrannosaurus rex* (*T.rex*), una hembra y un macho (que se han obtenido a través de clonación tal y como se ha explicado en el vídeo). Vuestro objetivo es determinar cómo serían sus hijos si estos decidieran emparejarse…».

A modo de resumen se presenta una síntesis de las actividades que se llevarán a cabo en dicha propuesta (*tabla 1*).

| Metodología/tipo de actividad | Permite o facilita al docente | Permite al alumno |
|---|---|---|
| **Inicio de la secuencia de actividades sobre el *T.rex*** | Un hilo conductor para ir introduciendo conceptos a veces difíciles de conectar | Ser protagonista del proceso de enseñanza-aprendizaje |
| **Realización de un cariotipo de *T.rex*** | Un contexto significativo para los estudiantes | Un trabajo manual con el que fijar conceptos |
| **Identificación del genotipo y fenotipo de la cría de *T.rex*** | Un contexto en el que es partícipe el alumno | Diferenciar dos conceptos que son confundidos habitualmente |
| **Meiosis y mitosis** | Una conexión entre cromosomas, información genética, meiosis y mitosis | Identificar la necesidad de estos procesos |
| **Trivial sobre temas de genética** | Tener en cuenta qué ideas o conceptos siguen resultando complicados, y una oportunidad para clarificar conceptos | Un trabajo colaborativo participativo, en un entorno de juego, que servirá para repasar los contenidos |
| **Mapa conceptual, autoevaluación, encuesta de satisfacción** | Evaluar la satisfacción del alumnado y la eficacia de la propuesta | La autoevaluación de su conocimiento |

*Tabla 1.* Estrategias metodológicas que se van a llevar en aula y sus características.

Tras la identificación de las ideas previas del alumnado en el que se va a intervenir, comienza la Investigación Dirigida, como estrategia de enseñanza-aprendizaje de los temas de Genética y Genética Molecular.

### ACTIVIDAD 1. COMIENZA LA HISTORIA DE LA CRÍA DE DINOSAURIOS

Se comienza con la visualización de un fragmento de la película *Jurassic Park* desde el comienzo hasta el minuto 26. En este fragmento de película se explican términos como ADN, clonación, fosilización entre otros. La finalidad es crear un entorno afín al alumno y de esta forma motivarlo para la realización de esta Investigación Dirigida, también se pretende crear en el alumnado la necesidad de comprender términos de Genética, incluso para la visualización de una película.

Se realiza una pequeña lluvia de ideas en la que se anotan en la pizarra las concepciones de los alumnos de estos conceptos y se pasa a continuación a facilitarles el enlace para la realización de una pequeña

caza del tesoro, de creación propia, sobre clonación, al que se puede acceder en el siguiente enlace (*http://phpwebquest.org/newphp/caza/soporte_tabbed_c.php?id_actividad=126338&id_pagina=1*).

Finalmente para la gran pregunta, los alumnos se dividirán en dos grupos, los que opinen que sí a la clonación y los que opinen que no.

De cada uno de los grupos se elegirá un representante que va a debatir con su oponente su posición ante la clonación.

Se ha de enlazar la visualización de la película con la Investigación Dirigida, que comienza en la actividad 3, que van a llevar a cabo los alumnos, con la narración de la siguiente historia:

«Como ya todos sabréis, los *Tyrannosaurus rex* fueron unos dinosaurios carnívoros, con muy mala fama, que vivieron en el Cretácico, pero pongámonos a imaginar… Imaginemos que al igual en la película de *Jurassic Park* (que acabáis de visualizar) o *Jurassic World*, tenemos a nuestra disposición dos *Tyrannosaurus rex*, una hembra y un macho (que se han obtenido a través de clonación tal y como se ha explicado en el vídeo). Vuestro objetivo es determinar cómo serían sus hijos si estos decidieran emparejarse».

### Actividad 2. Investigando sobre la variabilidad genética. Realización de un cariotipo de cría de *T. rex* e identificación de su fenotipo

Esta actividad tiene como finalidad la aclaración de conceptos genéticos básicos, como son gen, cromosoma, cariotipo, genotipo y fenotipo y la introducción a la variabilidad genética.

Durante la realización de esta actividad debe estar presente un modelo de ADN y una imagen de empaquetamiento del ADN en los cromosomas, para que no se desliguen los conceptos de ADN, gen, alelo de su situación física en los cromosomas. Al alumno se le proporciona una guía de trabajo en la que se describen los pasos que debe seguir (Anexo I). Una vez finalizada la actividad todos han de pegar (con chinchetas o con un poco de celo) en una cartulina sus crías *de T. rex.* Esta prueba será la evidencia de la variabilidad, que se ha generado solo en el reparto al azar de los cromosomas.

### Actividad 3. Meiosis y Mitosis

Esta actividad tiene como finalidad la comprensión de la meiosis y mitosis por el alumnado, sobre todo dando relevancia a la función biológica de las mismas, aunque se explicarán las fases, se dará mayor importancia al entendimiento biológico de estos procesos: la meiosis como un proceso necesario para mantener la dotación cromosómica diploide y como elemento generador de variabilidad y evolución. En cuanto a la mitosis, se relacionará con el crecimiento y renovación de los tejidos.

Para ello se trabajará a partir de cuestiones que crearán conflictos cognitivos a los estudiantes, y que, apoyándose en la historia de los dinosaurios, deberán resolver.

En cuanto a la meiosis:

*Todas las células del T.rex tendrán 8 pares de cromosomas a excepción de los gametos: óvulos y espermatozoides, que tienen 8 cromosomas cada uno. Lo mismo ocurre en humanos, ya que tenemos 23 pares de cromosomas, sumando en total 46 cromosomas, exceptuando en los gametos en los que tenemos 23 cromosomas.*

¿Qué pasaría si los óvulos y espermatozoides tuvieran dos pares de cromosomas cada uno?

Tras deducir ellos mismos la necesidad biológica de la meiosis, los alumnos deberán dibujar el cariotipo que tendría un gameto de su cría de *T. rex*, teniendo en cuenta que el sexo heterogamético (ZX) es la hembra a diferencia de en humanos que es el macho (XY).

Se espera que la mayoría de los alumnos que tienen crías hembras dibujen solo el X. Se preguntará a la clase si están de acuerdo con eso y qué ocurriría si todos los gametos de la hembra fueran portadores del X y todos los masculinos del Z. Creando así en los alumnos un conflicto cognitivo, en el que no siempre el sexo heterogamético es el masculino, y no todos los gametos masculinos o femeninos en el caso del dinosaurio son portadores del cromosoma que determina el sexo.

Tras esto se llevará a cabo la visualización de un vídeo en el que se explica la meiosis, partiendo de su importancia biológica («Meiosis subtitulado en español», 2013).

Los conceptos de meiosis, variabilidad y evolución se explicarán también en el contexto de los dinosaurios:

«Si en el Cretácico, el ser de color verde favoreciera su eficacia en la caza (debido a que así podría camuflarse entre los árboles) existiría una presión evolutiva favorable hacia el genotipo VV o Vv (fenotipo verde). Imaginemos que existe esta presión evolutiva, Entonces nuestros dinosaurios ahora en la cartulina, ¿cómo serían? Cuando pasasen los años, ¿qué ocurriría con los dinosaurios vv –marrones–? ¿Cómo sería este proceso?».

El profesor escogerá un alumno voluntario, para que sea esa «presión evolutiva», eliminando de la cartulina los dinosaurios con fenotipo marrón.

Ahora los alumnos deberán idear un contexto en el que una presión evolutiva favorezca algún rasgo de su cría de dinosaurio.

En cuanto a la mitosis. ¿Cómo va creciendo nuestro dinosaurio? ¿Se hacen sus células más grandes? ¿O se multiplican?

### ACTIVIDAD 4. MAPA CONCEPTUAL, AUTOEVALUACIÓN Y ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

En esta actividad, que se realizará en la última sesión de la secuencia, los alumnos realizarán un mapa mental, a partir de la palabra ADN de toda la secuencia didáctica. Este mapa mental se intercambiará con un compañero para que lo complete si lo considera necesario (coevaluación).

Posteriormente, a cada alumno le será entregado su cuestionario inicial para que identifique los errores, los corrija en bolígrafo de otro color, favoreciendo así su propia metacognición. Finalmente se pasará el cuestionario de satisfacción a los alumnos.

### ANEXO I. GUÍA DE TRABAJO PARA REALIZAR EL CARIOTIPO DE *T. REX*

Nuestros *T. rex* tienen 16 cromosomas en ocho pares, siendo dos de ellos cromosomas sexuales, es decir en ellos viene la información genética que codifica para el sexo, van a ser los responsables del sexo de vuestro bebé *T. rex*. y nos centraremos en solo un gen en cada uno de los pares (es decir, los rasgos que vamos a estudiar son monogénicos, están codificados por un solo gen).

Con esta actividad vamos a investigar siete rasgos diferentes, codificados por los genes que se localizan en los cromosomas no sexuales, además identificaremos el sexo de nuestro bebé de *T. rex.*

Un conjunto de 14 tiras de papel de color naranja representa los cromosomas que vienen de la *T. rex* madre (hembra). El otro, en azul, representa los cromosomas que vienen del *T. rex* padre (macho).

Cada cromosoma de papel tiene una letra, que puede ser mayúscula o minúscula. Las letras mayúsculas representan alelos dominantes, y las minúsculas representan alelos recesivos. Cada par de letras codifica para un rasgo. Si al menos un alelo dominante (una letra mayúscula) está presente, se dará el rasgo dominante (BB o Bb fenotipo de cola bifurcada), por otra parte, el rasgo recesivo (bb cola simple) solo se dará si el *T.rex* tiene dos copias del alelo recesivo.

1. Recorta los cromosomas masculinos y femeninos de la ficha. Sitúalos boca abajo (sin mezclar los del padre –azules– con los de la madre –naranjas–).
2. Sin dar la vuelta a los cromosomas, elige uno de cada color, empezando por los de la parte superior y ponlos juntos para formar el par cromosómico de la cría de *T. rex*. Descarta el par de cromosomas restante y pega los cromosomas seleccionados en la *tabla 1*, **cariotipo**.
3. Realiza esta acción para los ocho pares de cromosomas, eligiendo al azar uno del padre y otro de la madre. Tendrás entonces el cariotipo de tu *T. rex*, es decir, el conjunto de cromosomas de tu *T. rex*.
4. Observa qué alelos (letras) tiene tu dinosaurio para cada rasgo, y anótalos en la segunda columna de la *tabla 2*. A los alelos heredados para un gen particular los llamamos **genotipo** (por ejemplo, DD). Los rasgos observables de un individuo (por ejemplo, cuatro dedos en los pies) se llaman ***fenotipo***.
5. Utiliza la leyenda  para determinar qué alelos son dominantes o recesivos para cada rasgo, y luego apunta el fenotipo de tu dinosaurio en la *tabla 2*.
6. Ahora estás preparado para dibujar tu cría de dinosaurio: colorea y añade las partes del cuerpo más relevantes al dibujo básico de *T. rex*.

¿Cómo pensáis que van a ser los dinosaurios de la clase?

Si fueran clones, ¿cómo serían?

Si cogiéramos una célula muscular de nuestro bebé dinosaurio, ¿cuántos cromosomas tendría? ¿Y si fuera una célula de la piel?…

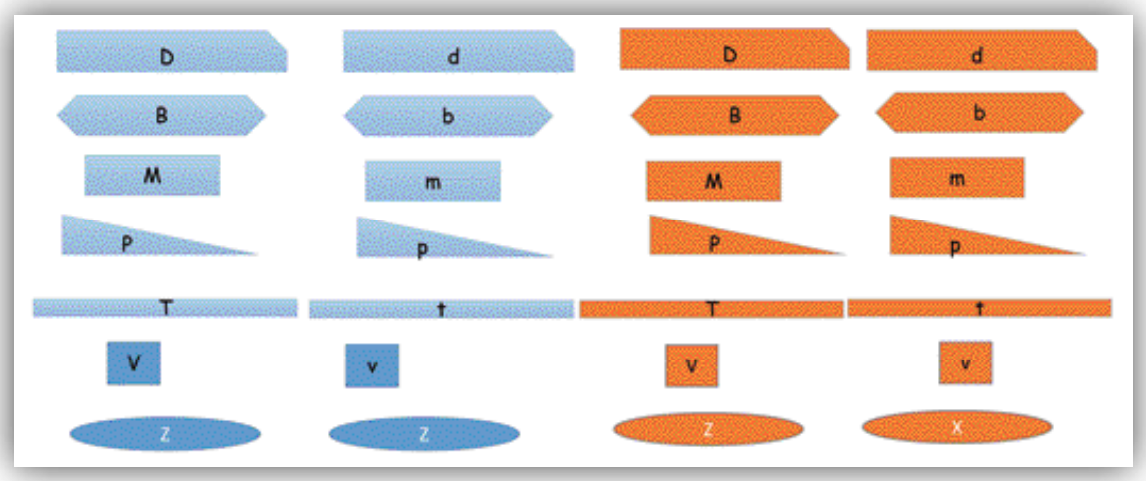



*Tabla 1.* Cariotipo.

| Características | Genotipo | Fenotipo |
|---|---|---|
| Colmillo en sierra/normal | | |
| Dedos de los pies | | |
| Cola bifurcada/ simple | | |
| Ojos marrones/verdes | | |
| Protoplumas/sin protoplumas | | |
| Torso blanco/amarillo | | |
| Color verde oscuro/marrón | | |
| Sexo | | |

| Genotipo | Fenotipo |
|---|---|
| SS o Ss | Colmillo en sierra |
| ss | Colmillo sin sierra |
| DD o Dd | Cuatro dedos en los pies |
| dd | Tres dedos en los pies |
| BB o Bb | Cola bifurcada |
| bb | Cola simple |
| MM o Mm | Ojos marrones |
| mm | Ojos verdes |
| PP Pp | Sin protoplumas |
| pp | Protoplumas en la espalda |
| TT Tt | Torso blanco |
| tt | Torso amarillo |
| VV Vv | Color verde oscuro |
| vv | Color marrón |

Leyenda: ZZ (macho)
ZX (hembra)

*Tabla 2.* Características de mi cría de *T. rex*.

# Conocimiento del ciclo celular en docentes de ciencias

José Manuel Pérez Martín
*Facultad de CC. Sociales y de la Educación de la Universidad Camilo José Cela*
*Facultad de Formación del Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid*
jmperezm@gmail.com

Mónica Aquilino
*Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Educación a Distancia*
maquiamez@gmail.com

**Palabras clave:** Ciclo celular, errores conceptuales, profesores de secundaria, maestros, profesores de universidad.

**Keywords:** Cell cycle, misconceptions, Secondary teachers, Elementary teachers, Lecturers.

**Resumen**

El dominio de los contenidos del ciclo celular y la mitosis es fundamental en Educación Secundaria y niveles educativos superiores, aunque debe ser considerado de gran relevancia para docentes de Educación Primaria. En el presente trabajo evaluamos los conocimientos de los docentes en ciencias sobre dicho contenido, mediante un test online. Basándonos en estos resultados podemos concluir que dichos conocimientos son insuficientes en los maestros, en comparación con los docentes de secundaria, que pese a que son mejores poseen una escasa capacidad crítica y de argumentación así como de construcción de ideas.

**Abstract**

The mastery of the contents of the cell cycle and mitosis is essential in secondary education as well as in higher education levels, but it should be considered of great importance for primary-school teachers. In this paper, we evaluate the knowledge of science teachers about this content through an online test. Based on these results, we can conclude that this knowledge is insufficient within primary education teachers compared to secondary ones, who, despite being better, are not able to criticize, argue and construct ideas in a correct way about this content.

## Introducción

El conocimiento de los contenidos del ciclo celular y la división mitótica resultan muy relevantes para los docentes de ciencias naturales de los diferentes niveles educativos. Su dominio no es algo anecdótico, caprichoso ni fuera del contexto de la asignatura. Este contenido debe ser dominado con soltura para

poder presentar con garantías todos los conceptos relacionados con la célula. Tanto en Educación Primaria, como en Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato se imparten contenidos indicados por los decretos[1,2] que desarrollan la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) como son la reproducción, el ciclo vital, el sistema inmunitario, enfermedades como el cáncer, la herencia de caracteres, evolución y genética, entre otros. Todos ellos resultan afines al ciclo celular y en todos los casos el docente debe dominar la mitosis para que sean integrados correctamente en el esquema mental de los alumnos.

Para confirmar que la división mitótica y el ciclo celular resultan claves en la formación de nuestros alumnos en Secundaria, en la *figura 1* se muestra la frecuencia de este tema y de otros afines con respecto del total de contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje en las asignaturas del ámbito de las ciencias naturales. Se puede ver cómo aparecen en todos los cursos académicos excepto en el segundo curso de ESO, donde solo se imparte física y química. En el resto de niveles se presentan y evalúan un conjunto de contenidos troncales o afines, y que oscilan entre el 11,1 y el 22,9 % del total de los que se presentan en el currículo (*figura 1*).

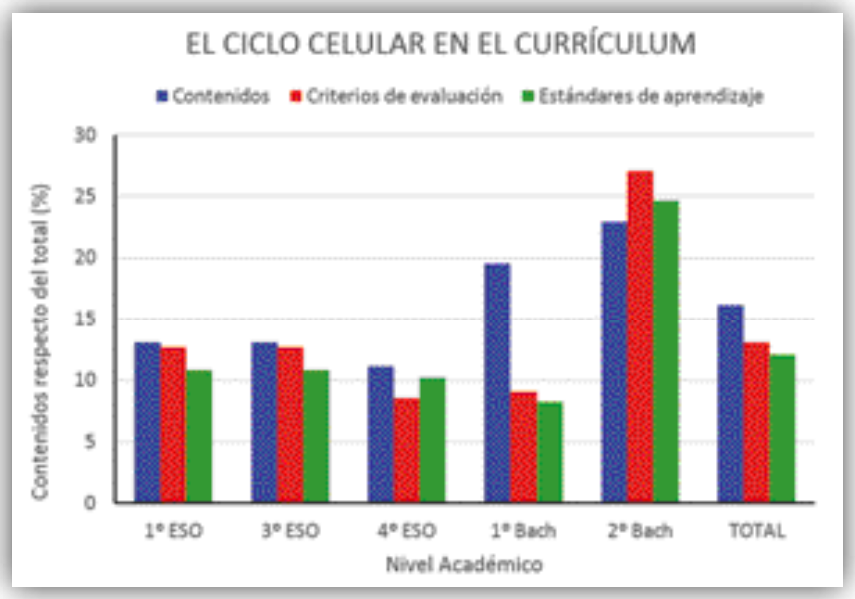



*Figura 1.* Porcentaje de contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del currículo LOMCE para Educación Secundaria y Bachillerato[2] respecto del total de contenidos de las asignaturas del área de ciencias naturales. Elaboración propia.

Uno de los puntos clave en el proceso de enseñanza-aprendizaje, según las teorías constructivistas, ha sido siempre la detección de los errores conceptuales que los alumnos tienen en esquema de pensamiento. Un docente debe detectar su existencia, pero también encontrar los orígenes que los producen. De forma general, las fuentes más frecuentes a través de las que se introducen los errores conceptuales en esquemas mentales de los alumnos son los profesores y los libros de texto[3,4].

---

[1] MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2014). Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado, n.º 52: 19349-19420 (España).

[2] MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2015). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, n.º 3: 169-546 (España).

[3] BAHAR, M. (2003). Misconceptions in biology education and conceptual change strategies. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 3 (1), pp. 55-64.

[4] WANDERSEE, J. H.; MINTZES, J. J. y NOVAK, D. (1994). Research on alternative conceptions in science. En GABEL, D. L. (ed.), *Handbook of research on science teaching and learning.* New York, Macmillan, pp. 177-210.

En el caso concreto de la enseñanza de la mitosis, existen pocos estudios en los que se analicen los errores conceptuales que aparecen en libros de texto. Recientemente Pérez Martín y Aquilino[5] han publicado un estudio en el que se muestra que los esquemas y figuras de los libros de texto de nivel universitario presentan graves errores en la representación de la mitosis, lo que conduce a la dificultad de la interpretación por parte de los alumnos. Algo que también ha sido descrito para otros contenidos muy relevantes de la biología celular y la genética como es la meiosis[6], lo que en ambos casos puede ser una de las razones de la aparición y resistencia de los errores conceptuales que se detectan en la enseñanza de la división celular en los alumnos de diferentes niveles educativos.

Como mencionábamos anteriormente, la otra fuente principal de error conceptual en la enseñanza del ciclo celular y la división mitótica, como en cualquier otro contenido, son los docentes. En el caso concreto de la enseñanza de la división celular en biología, existen multitud de estudios que ponen de relieve la existencia de errores conceptuales durante la formación de alumnos en Educación Primaria y Secundaria[7, 8, 9]. Sin embargo, es menos frecuente encontrar estos estudios sobre profesores en formación[10] o en ejercicio. Por ello quisimos evaluar el nivel de conocimiento de dichos docentes en ciencias sobre este contenido.

## Objetivos

Tras haber detectado poca fidelidad de las ilustraciones del ciclo celular y la mitosis en libros de texto de nivel universitario, quisimos profundizar en la otra potencial fuente de errores conceptuales en los procesos de enseñanza-aprendizaje: los docentes. Por ello enfocamos nuestro trabajo en evaluar los conocimientos de los docentes de ciencias sobre este contenido concreto: el ciclo celular y la división mitótica.

1. Elaborar un cuestionario con preguntas fácticas y de juicio crítico que permita evaluar el nivel de conocimientos sobre el ciclo celular y la división mitótica.
2. Evaluar el nivel de conocimientos de los docentes de ciencias de diferentes niveles educativos.
3. Proponer acciones de mejora en base a los resultados obtenidos.

## Metodología

Elaboramos un cuestionario *online* a través de la herramienta formularios de Google Drive (*http://bit.ly/1LLpQCK*). En este documento se realizaban diez preguntas que definían el perfil sociológico de cada caso, así como su formación académica. Además de estas, se proponían otras siete cuestiones sobre

---

[5] Pérez Martín, J. M. y Aquilino, M. (2015). Nuevas estrategias en la enseñanza de la mitosis. En González Montero de Espinosa, M., Baratas Díaz, A., Brandi Fernández, A. (Eds), Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato, Madrid, Santillana, pp. 199-210.

[6] Cook, M. (2008). Student's comprehension of science concepts depicted in textbook illustrations. Electronic Journal of Science Education, 12 (1), pp. 1-14.

[7] Lewis, J. y Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance -do students see any relationship? International Journal of Science Education, 22 (2), pp. 177-195.

[8] Marbach-Ad, G., Stavy, R. (2000). Student´s cellular and molecular explanations of genetic phenomena. Journal of Biological Education, 34 (4), pp. 200-205.

[9] Flores, F., Tovar, M., Gallegos, L. (2003). Representation of the cell and its processes in high school students: An integrated view. International Journal of Science Education, 25 (2), pp. 269-286.

[10] Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essay*, 5 (2), pp. 235-247

contenidos relacionados con la mitosis. De ellas, seis fueron preguntas cerradas de tipo test, completar huecos o de verdadero-falso. Además había otra pregunta de tipo juicio crítico, en la que se pedía a los participantes que detectaran y escribieran los errores que veían en la imagen adjunta al enunciado.

Este cuestionario se distribuyó a través de contactos por correo electrónico, así como a través de redes sociales (Facebook, Twitter, Google +, LinkedIn y varios blogs). La muestra está compuesta por 90 casos (n = 90), entre los que había profesores de ESO y Bachillerato, de Formación Profesional (FP), de universidad, maestros de Primaria y de educación no formal. El 30,8% fueron hombres y el 69,2% mujeres. El 60,4% de los participantes fueron titulados en Biología, un 30,3% fueron maestros y el resto (8,3%) de otras titulaciones afines que permiten la docencia en ciencias naturales en ESO, Bachillerato, FP y universidad. La fecha media de obtención del título de los participantes en el estudio fue 2008, con un mínimo en 1982, el máximo en 2016 y un recorrido de 34 años. Los participantes estudiaron en 24 universidades diferentes. Para nuestro estudio agrupamos los casos en dos grandes grupos: 27 maestros (30%) y 63 no maestros, siendo docentes desde ESO hasta universidad (70%).

Los cuestionarios fueron corregidos y calificados, las preguntas 1, 4, 5, 6 y 7 fueron valoradas con hasta 1 punto cada una. Las preguntas 2 y 3 se calificaron con hasta 2,5 puntos cada una. Para cada participante se obtuvo una puntuación de cada pregunta y también una calificación final del test. A partir de ahí se realizó un análisis exploratorio de los datos de la muestra completa y por grupos empleando el paquete estadístico IBM SPSS Statistic 22 (EE. UU.). Tras el primer paso descriptivo, se determinó si la muestra cumplía con los requisitos para utilizar estadísticos paramétricos (homocedasticidad de varianzas y normalidad de la distribución de los residuos de las variables). Posteriormente se procedió al análisis de los datos mediante comparación de medias (T-Student) y *post hoc* correspondiente. Se cuantificó la asociación existente entre variables mediante estudios de correlación entre ellas. En todos los casos se empleó un nivel de confianza del 95% (a = 0,05). Las representaciones gráficas se realizaron con el programa Microsoft Excel 2013 (EE. UU.).

## Resultados y discusión

Con todos los datos extraídos de la muestra (n = 90), hemos podido obtener una valoración del conocimiento de este contenido, obteniéndose una nota media de 4,04 ± 2,68 sobre 10. Estos resultados evidencian una muy deficitaria formación sobre el ciclo celular y la división mitótica para los docentes evaluados. La distribución de notas osciló desde el mínimo que fue 0,33 puntos, hasta la máxima calificación que fue de 10 puntos.

Con el fin de establecer las posibles relaciones entre la nota final obtenida y las diferentes variables recogidas por la encuesta sobre el perfil sociológico y académico, realizamos un estudio de correlaciones. Los resultados mostraron que existe una asociación estadísticamente significativa entre la calificación en el test y la formación académica recibida (titulados en biología y otras áreas afines) con un coeficiente de correlación de 0,521 ($p \leq 0,0001$). Del mismo modo se observa que el nivel académico al que se imparte docencia influye en el resultado del cuestionario ($r = 0,209$; $p \leq 0,05$), lo que está también relacionado con el nivel formativo que se posee. Por último hay que destacar que existe correlación estadísticamente significativa ($r = 0,372$) entre el rendimiento en el test y la calificación obtenida en la asignatura de Biología Celular durante la carrera en Biología ($p \leq 0,007$).

Teniendo en cuenta esos resultados, se pone de manifiesto que existen dos subgrupos en la muestra estudiada: los maestros (n = 27) y los no maestros, compuesta por los profesores de Secundaria y otros niveles educativos superiores (n = 63).

Al segmentar la muestra y analizar ambos grupos por separado obtuvimos que la calificación media obtenida por los maestros para nuestro test fue de 1,27 ± 0,93, frente al 5,23 ± 2,28 que obtuvieron

los docentes de niveles educativos superiores. El análisis de comparación de medias realizado a ambos grupos de trabajo demostró que las diferencias observadas eran estadísticamente significativas (T-Student, $p \leq 0{,}0001$).

Con el fin de determinar qué variables del estudio están asociadas a un mejor nivel de resolución del test se procedió a analizar de nuevo la muestra dividiéndola en dos subgrupos. Este análisis puso de manifiesto que los docentes de Secundaria y niveles superiores con mejores calificaciones fueron aquellos que obtuvieron mejores notas en sus asignaturas de Biología Celular y de Genética durante sus estudios universitarios en Biología. Los valores de correlación obtenidos fueron de 0,436 ($p \leq 0{,}05$) y 0,303 respectivamente ($p \leq 0{,}05$). Por otro lado las calificaciones finales obtenidas por los maestros no mostraron asociación con ningún parámetro sociológico ni académico de los analizados.

En nuestro estudio se puede ver que los docentes de niveles educativos ESO y superiores consiguen calificaciones mejores que los docentes de Primaria en cada una de las preguntas formuladas (*figura 2*).

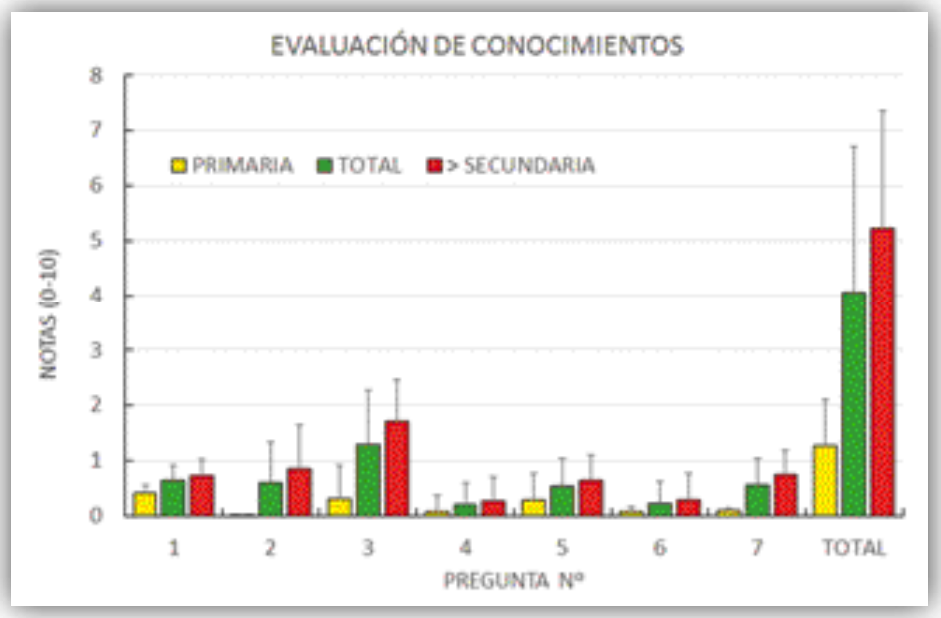



*Figura 2.* Gráfica de calificaciones medias y la desviación estándar de cada pregunta para toda la muestra (serie verde) y por subgrupo de estudio (maestros en amarillo, no maestros en rojo). También se presenta la calificación final del test para cada grupo de análisis (TOTAL). La calificación máxima posible de las preguntas 1, 4, 5, 6 y 7 fue de 1 punto en cada una. Las preguntas 2 y 3 se valoraban con hasta 2,5 puntos cada una. En todas las preguntas se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre maestros y no maestros (Test Levenne, $p \leq 0{,}05$; T-Student, $p \leq 0{,}05$).

Basándonos en la *figura 2* se puede ver que el nivel de conocimiento es realmente bajo entre el subgrupo de maestros y aunque mucho mejor entre docentes de etapas educativas superiores, resulta bajo, ya que alcanza la mitad de la máxima calificación posible por muy poco.

Se clasificaron las preguntas de nuestro cuestionario en dos tipos según Furman y colaboradoras[11], las de tipo fáctico o de producto, que se definen como preguntas que se responden con un concepto o una definición que suele aprenderse de memoria y sin necesidad de entender las ideas subyacentes; y por otro lado, las preguntas de proceso, en cuyo caso se trata cuestiones que se responden mediante la propuesta o la puesta en marcha de un razonamiento que justifique dicha respuesta. Para responder el

[11] FURMAN, M.; POENITZ, M.V. y PODESTÁ, M. E. (2012). La evaluación en la formación de los profesores de Ciencias. *Praxis & Saber,* 3 (6), pp. 165-189.

segundo tipo de preguntas también se requiere dominar los conceptos y/o definiciones, pero además hay que poner en marcha la capacidad de integración de la información y el juicio crítico.

Por lo tanto si estructurásemos jerárquicamente las preguntas según el nivel de conocimiento y dominio del contenido que permite alcanzar mejores calificaciones, podríamos decir que en nuestro cuestionario hay 5 preguntas claramente de tipo fáctico (preguntas 1, 4, 5, 6 y 7), con las que se puede llegar a la calificación de 5 puntos. También hay una pregunta que podríamos decir que es de tipo mixto (pregunta 3), donde predomina la respuesta fáctica, pero requiere de cierta interpretación para algunos apartados y con la que se podría alcanzar hasta 7,5 puntos. Por último, la pregunta que requiere de mayor nivel de dominio sería la pregunta 2, que es una pregunta de proceso, y cuya respuesta correcta junto con el resto del cuestionario permitiría alcanzar la máxima calificación, 10 puntos.

Con el fin de analizar más en profundidad los resultados del test, procedimos a analizar los datos obtenidos en cada pregunta (*tabla 1*). Para ello empleamos dos variables: la calificación media por pregunta y los porcentajes de acierto de cada una de ellas.

| | NOTA MEDIA | | | PORCENTAJE DE ACIERTO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pregunta** | **Maestros** | **No maestros** | **Total** | **Maestros** | **No maestros** | **Total** |
| 1 (1 pto) | 0,42 | 0,73 | 0,64 | 0,0 | 28,6 | 20,0 |
| 2 (2,5 ptos) | 0,00 | 0,86 | 0,60 | NP | NP | NP |
| 3 (2,5 ptos) | 0,31 | 1,71 | 1,29 | 3,7 | 23,8 | 17,8 |
| 4 (1 pto) | 0,07 | 0,26 | 0,21 | 7,4 | 25,4 | 20,0 |
| 5 (1 pto) | 0,30 | 0,64 | 0,54 | 29,6 | 63,5 | 53,3 |
| 6 (1 pto) | 0,07 | 0,29 | 0,22 | 3,7 | 27,0 | 20,0 |
| 7 (1 pto) | 0,09 | 0,75 | 0,55 | 7,4 | 74,6 | 54,4 |
| FINAL | 1,27 | 5,23 | 4,04 | NP | NP | NP |

*Tabla 1.* Análisis del conocimiento de las diferentes preguntas del cuestionario sobre dos variables de acierto para la muestra total y para cada subgrupo de estudio: nota media y porcentaje de acierto. El grupo de no maestros hace referencia a los docentes de ESO y niveles académicos superiores. NP, no procede.

Aquí mostramos algunos de los resultados más relevantes al cuestionario de forma pormenorizada (*Tabla 1*). La **pregunta 1** del cuestionario fue «Selecciona las fases del ciclo celular». Se propuso el siguiente listado con 14 conceptos, donde se muestran las correctas subrayadas:

- Diacinesis
- Constricción Primaria
- Metafase
- Interfase G2
- Prometafase
- Diploteno
- Anafase
- Citocinesis
- Telofase
- Telómero
- Profase
- Interfase S
- Protocinesis
- Interfase G1

Solo el 20% de los participantes marcaron estas nueve respuestas. Sin embargo, ningún maestro contestó correctamente a la pregunta. Cabe reseñar que a pesar de ello los maestros promediaron una calificación de 0,42 sobre 1 punto máximo, ya que la evaluación fue sumativa. En el caso de los docentes de niveles académicos superiores mostraron un resultado mejor con una puntuación media de 0,73.

En este caso cabe destacar que las respuestas individuales completamente erróneas como fueron «diacinesis», «constricción primaria», «diploteno», «telómero» y «protocinesis» se seleccionaron en muy baja frecuencia 7,7%, 2,2%, 4,4%, 1,1% y 1,1% respectivamente, indicando que el aprendizaje de las fases del ciclo celular puede ser imperfecto, pero por desconocimiento de algunas fases no por confundir conceptos.

En la **pregunta 2** se pedía que indicaran los errores de un esquema de un libro de texto de Histología de nivel universitario, *Junqueira's Basic Histology 12th*, publicado en 2010. La revisión que se puede hacer de este esquema ya fue publicada en estudios previos[5], mostrando cómo los estudiantes de últimos cursos de la titulación universitaria en Biología no reconocían algunos de los errores, fundamentalmente relacionados con la estructura y organización de los cromosomas en interfase, profase y metafase, donde en todos los casos aparecen con pérdida de cohesividad de cromátidas hermanas, incluso cuando los cromosomas no pueden ser vistos individualizadamente (interfase). Existen otras ideas que se representan de forma errónea y que los alumnos sí detectaban de forma generalizada, como la parte de anafase y telofase, la citocinesis, la desorganización y reorganización de la envoltura nuclear entre otros. Lo que nos indica que pese al desconocimiento de ciertos aspectos, son capaces de detectar errores sobre otros contenidos importantes.

En este nuevo estudio, la calificación media obtenida por todos los participantes fue de 0,6 puntos sobre los 2,5 puntos posibles. Los resultados relativos a los maestros demuestran que ninguno conocía el proceso mitótico, ya que nadie propuso ningún error, alegando con frecuencia que no conocían en profundidad este contenido, ya que se trata de unos conceptos que los maestros no han recibido durante su formación universitaria y en un gran porcentaje nunca en su formación preuniversitaria[12].

Si consideramos solo al grupo de no maestros, la calificación media subió hasta 0,86. De estos, el 15,9% obtuvieron calificaciones iguales o superiores a 2 puntos sobre 2,5. Con todo ello, los resultados obtenidos para estos docentes están en la misma línea de los que publicamos previamente para estudiantes de Biología[5]. Prácticamente todos los casos del grupo de docentes no maestros ven errores en la anafase, telofase y citocinesis, así como en la dinámica de la envoltura nuclear. Sin embargo, solo unos pocos mencionan cuestiones relativas a la representación y visualización de los cromosomas en interfase y profase, en lo que respecta a la cohesividad de cromátidas hermanas. En muy baja frecuencia (3,2%) se indicó que los cromosomas metafásicos no se visualizan como muestra el esquema.

La **pregunta 3** consistía en rotular el esquema de elaboración propia de un cromosoma (*figura 3*). Queremos reseñar que este esquema representa un cromosoma en la construcción mental de muchas personas, sin que sea posible verlo en células sanas, ya que la pérdida de cohesividad de las cromátidas hermanas en un cromosoma metafásico es una situación de daño genotóxico, inducido física o químicamente y que se visualiza en células en un estadio anómalo denominado C-metafase que se acompaña de problemas en la estabilización de los cromosomas en el huso mitótico[13]. Sin embargo, consideramos que haber empleado un esquema más acorde con la imagen al microscopio, hubiera supuesto mayor dificultad en la interpretación de las partes de un cromosoma.

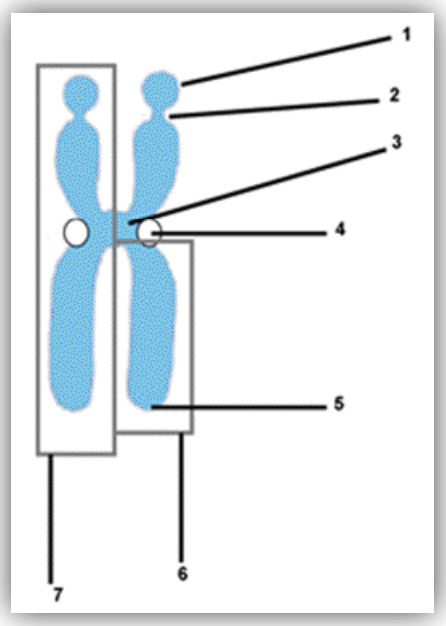
El porcentaje de acierto de esta pregunta completa fue del 17,8%, resultando acertada por un 23,8% de los docentes no maestros y solo por un 3,7% de los maestros. La puntuación de la pregunta fue sumativa y, por lo tanto, obtuvimos que la calificación media de los docentes de ESO y niveles superiores de 1,71, casi la mitad de la nota máxima posible, frente a los maestros que solo pudieron conseguir de media 0,31 puntos, una octava parte de la máxima calificación posible.

---

[5] Pérez Martín, J. M. y Aquilino, M. (2015).

[12] Casanoves, M.; González, A.; Salvadó, Z.; Haro, J. y Novo, M. (2015). Knowledge and attitudes towards Biotechnology of elementary education pre-service teachers: The first Spanish experience. *International Journal of Science Education*, 37 (17), pp. 2923-2941.

[13] Rieder, C.L. y Palazzo, R. E. (1992). Colcemid and the mitotic cycle. *Journal of Cell Science*, 102, pp. 387-392.




1. Satélite
2. Constricción secundaria (también región organizadora de nucléolo)
3. Centrómero
4. Cinetocoro
5. Telómero
6. Brazo cromosómico
7. Cromátida hermana

*Figura 3.* Esquema de un cromosoma presente en la 3.ª pregunta del test *online* y sus soluciones.

El análisis de las respuestas mostró que pueden darse casos en los que no se reconoce o no se puede nombrar la estructura indicada, pero sorprendentemente la confusión por intercambio de nombres fue poco frecuente, como pudimos observar en dos de los más controvertidos: brazo cromosómico (6) y cromátida hermana (7). En los 90 casos evaluados, el 63,3% respondieron a ambos apartados (6 y 7) y el 13,3% solo respondieron a uno de los dos. Lo que demuestra que la mayoría de los docentes estaban seguros de dominar ambos conceptos. De los casos en los que respondieron a ambas preguntas, solo el 7,0% confundieron ambos conceptos, lo que demuestra que a pesar de ser un contenido de difícil adquisición, los docentes de ciencias lo tienen bien asimilado como norma general.

En la siguiente pregunta, **pregunta 4**, se pedía que se marcara la frase verdadera (subrayada) de entre las seis que se muestran a continuación, todas ellas relacionadas con el ciclo celular y la mitosis.

a) Las células vegetales tienen centrosoma.
b) Las células animales no tienen centriolos.
c) Las células vegetales en telofase forman el fragmoplasto y se separan las células hijas con el anillo contráctil.
d) El cinetocoro es una región del cromosoma formado por ADN.
e) El centriolo es una estructura subcelular de la que carecen las células animales.
f) Un cromosoma metacéntrico es el que tiene dos cromátidas hermanas.

Esta pregunta tuvo un nivel de acierto del 20% cuando se consideró a todos los participantes, siendo correcta en 1 de cada 4 docentes de Secundaria, frente al 7,4% de éxito en el caso de los maestros. Lo que también se vio reflejado en la calificación media obtenida, ya que los maestros no llegaron a 0,1 puntos de promedio y los no maestros obtuvieron 0,26 de media, sobre 1 punto en ambos casos. Esta pregunta cuestionaba de forma general sobre el papel del citoesqueleto (microtúbulos y microfilamentos) en la división celular y su interacción con los cromosomas, a través de conceptos como centrosoma, centriolos, fragmoplasto, anillo contráctil, cinetocoro y cromosoma metacéntrico.

Cabe destacar que la respuesta mayoritariamente obtenida es la *c)* (42,9%), que tiene un enunciado más largo, lo que en muchas ocasiones los alumnos que no dominan el contenido entienden como la más completa y, por lo tanto, la cierta, pero en este caso no fue así.

La **pregunta 5** decía: «Señala la fase de la mitosis en la que un cromosoma solo tiene una cromátida», y se ofrecían seis opciones de las cuales solo una era cierta (subrayada):

Profase; Prometafase; Metafase; Anafase; Diploteno; Telofase I

Esta pregunta es la segunda con mayor tasa de respuestas correctas (53,3%), pero lo más destacado es que es la que los maestros dominaban mejor, alcanzando el 29,6% de acierto. Por lo tanto, podemos decir que es el contenido más afianzado por los maestros en lo que respecta al ciclo celular, aunque de media no fue la calificación más alta obtenida, ya que solo obtuvieron 0,3 puntos sobre 1.

En el caso de la **pregunta 6**, «Señala la fase del ciclo celular a partir de la que un cromosoma tiene dos cromátidas», había seis opciones y solo una cierta (subrayada):

Interfase G1; Interfase G2; Metafase; Profase; Interfase; Telofase

En este caso, la frecuencia de acierto de la población total fue del 20% y en el caso del grupo de docentes de ESO y niveles superiores mostraron una tasa de éxito del 27%, frente al 3,7% de los maestros. Lo más destacado de este resultado es que casi el 40% de la muestra completa analizada respondió que era la profase, siendo en la interfase G2 cuando el ADN se ha replicado, los cromosomas están duplicados por completo, tienen dos cromátidas y comienza la condensación.

Finalmente, la **pregunta 7** trataba sobre la desorganización de la envoltura nuclear: «La envoltura nuclear comienza a desorganizarse en células de animales y plantas en la fase de…», proponiendo otras seis opciones posibles con una única respuesta correcta (subrayada):

Interfase; Interfase S; Prometafase; Metafase; Telofase; Diacinesis

Esta fue la pregunta que mejor dominaban los docentes que participaron en la encuesta de forma general (54,4%), sin lugar a dudas debido a que los docentes de secundaria conocían la respuesta, resultando correcta en este grupo en un 74,6% de los casos. Esto también provocó que fuera la pregunta con mejor puntuación media ponderada de todas, ya que su calificación fue de 0,75 sobre 1 punto en este subgrupo.

Hay que destacar que estos resultados sorprenden, ya que es una fase del ciclo celular que no aparece en todos los libros de texto y que en ellos en ocasiones se dice que la envoltura nuclear comienza a desorganizarse en profase. De hecho quizás la ausencia de la opción que permitiera marcar *profase* haya conducido a esta preferencia por esta respuesta. Con el fin de resolver la cuestión indicamos que la profase es la primera fase del ciclo celular en la que la condensación de la cromatina permite distinguir la individualidad de los cromosomas mientras el núcleo sigue estando perfectamente organizado/cerrado. En el momento en el que la envoltura nuclear comienza a desorganizarse estaríamos en prometafase, ya que los microtúbulos pueden comenzar a interaccionar con los cinetocoros de los cromosomas y los mueven hacia el punto de equilibrio: la placa ecuatorial.

## Conclusiones

Teniendo en cuenta lo descrito hasta aquí podemos concluir que el dominio de los contenidos del ciclo celular y la mitosis son esenciales no solo para superar los temas en los que se evalúen dichos contenidos, sino también debido a que son conceptos clave que permiten dominar bloques temáticos afines de diferentes niveles académicos[14], incluso como ha puesto de manifiesto la LOMCE introduciendo contenidos de la organización y estructura de la célula eucariota en 5.º de Educación Primaria. Esta situación compromete la labor docente de los maestros, ya que existen grandes dificultades para impartir dicho

[14] Rodríguez Palmero, M. L., y Moreira, M. A. (2002). La célula, cinco años después. XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Recuperado de https://apice.webs.ull.es/pdf/151-056.pdf.

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2014).

contenido a los alumnos de esta etapa educativa, fundamentalmente de tipo madurativo[15]. Sin olvidar que se trata de unos contenidos que los maestros no han recibido formación durante su etapa universitaria, y en un gran porcentaje nunca en su periodo preuniversitario[5]. La reducida oferta de cursos de formación y esta confluencia de situaciones, los conduce a la autoformación sin capacidad de juicio crítico sobre este tema, que acompañado de la existencia de graves errores en multitud de recursos sobre el ciclo celular y la división mitótica, pueden convertir a los docentes de este nivel educativo en un nuevo foco de inducción de errores conceptuales en la enseñanza de la célula.

En el caso de los docentes de ESO y niveles superiores los resultados son mejores, pero no tranquilizadores. Fundamentalmente porque en muchos casos no fueron capaces de solucionar completamente la cuestión que les exigía juicio crítico, lo que dificulta la correcta selección de recursos docentes como ya hemos descrito para los docentes de Educación Primaria. Con todo, podríamos estar ante una situación que explicara, al menos en parte, el elevado número de alumnos que presentan errores conceptuales en este contenido.

Por todo ello, sugerimos que se deberían llevar a cabo estrategias de formación para los docentes en ciencias que los doten de fuentes bibliográficas y recursos fiables, así como contemplar modificaciones conducentes a mejorar el aprendizaje de estos contenidos en las asignaturas de ciencias.

[15] Tonucci, F. (2013). ¿Una ciencia para los niños o una ciencia de los niños? *V Cicle Obert de Conferències Educatives*. Transcripción recuperada de http://blocs.umanresa.cat/educaciofub/files/2013/10/Tonucci_14_octubre_2013.pdf.

[5] Pérez Martín, J. M. y Aquilino, M. (2015).

# Enfriamiento del agua en recipientes cerámicos porosos: un recurso para la formación en competencias

Gabriel Pinto Cañón, 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*
gabriel.pinto@upm.es

**Palabras clave:** ABP, cerámica, Ciencia-Tecnología-Sociedad, competencias clave, evaporación, transferencia de masa y energía.

**Keywords:** Ceramics, evaporation, key competences, mass and energy transfer, PBL, Science-Technology-Society.

**Resumen**

El agua contenida en recipientes cerámicos porosos (como los botijos) se enfría debido al efecto térmico que se produce al irse evaporando. Aunque la descripción cuantitativa de la termodinámica implicada en el proceso es compleja, los razonamientos básicos son de utilidad para trabajar con alumnos de distintos niveles educativos sobre diferentes competencias. Aparte de discutir conceptos físico-químicos (evaporación, calor de vaporización, temperatura húmeda, humedad del aire, transferencia de materia y energía, etc.), es un tema que permite plantear aspectos de tecnología (como la fabricación de cerámica o la conservación de alimentos) y de climatología, enfoques Ciencia-Tecnología-Sociedad, y el tratamiento de otros fenómenos (como el funcionamiento del juguete científico conocido como «pájaro bebedor»).

**Abstract**

The water contained in porous ceramic containers can be cooled due to the thermal effect produced by evaporation. The quantitative thermodynamics involved in the process is complex, but the basic arguments can be useful for working about key competences with students from different educational levels. In addition to promoting understanding of physicochemical concepts (heat of vaporization, evaporation, wet-bulb temperature, humidity, mass and heat transfer, etc.) it is a topic that can be used to introduce aspects of technology (such as processing of clays and food preservation), and of climatology, approaches to Science-Technology-Society subjects, or the interpretation of other phenomena (such as the operation of the scientific toy known as drinking bird).

## 1. INTRODUCCIÓN: LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS MEDIANTE UN APRENDIZAJE CONTEXTUALIZADO

En la Unión Europea, como aspecto estratégico para el desarrollo de la «Europa del Conocimiento» se promueve la adquisición de competencias clave (*key competences*), consideradas como combinación (no meramente suma) de habilidades, conocimientos, actitudes y aptitudes[1,2]. En España se aprobó recientemente la orden por la que se describen las relaciones entre competencias, contenidos y criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato.[3] En dicha orden se define *competencia* como «capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada», especificando que «supone combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones, y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz». También se establece que las competencias clave del currículo del sistema educativo español son (1) comunicación lingüística, (2) competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, (3) competencia digital, (4) aprender a aprender, (5) competencias sociales y cívicas, (6) sentido de iniciativa y espíritu emprendedor y (7) conciencia y expresiones culturales.

En el citado documento se indica, sobre las competencias básicas en ciencia y tecnología, aparte de otras consideraciones, que proporcionan acercamiento al mundo físico desde acciones orientadas a la mejora del medio natural, decisivas para la protección de la calidad de vida y el progreso de los pueblos; contribuyen al desarrollo del pensamiento científico, al incluir la aplicación de métodos propios de la racionalidad científica y destrezas tecnológicas (adquisición de conocimientos, contraste de ideas y aplicación de descubrimientos al bienestar social); capacitan a ciudadanos responsables y respetuosos que desarrollan juicios críticos sobre hechos científicos y tecnológicos; y que han de capacitar para identificar, plantear y resolver situaciones de la vida cotidiana (personal y social).

Además de la descripción detallada de las competencias clave, se sugieren orientaciones para facilitar el desarrollo de estrategias metodológicas que permitan trabajar por competencias en el aula. La experiencia de los autores de este trabajo es que los docentes de los distintos niveles educativos demandan propuestas de contextos de aprendizaje que vayan en el sentido indicado, para facilitar su labor educativa con ejemplos concretos. Por ello, llevamos años desarrollando ideas para la enseñanza contextualizada de las ciencias experimentales, en las que se introducen aspectos cotidianos como herramientas pedagógicas[4,5]. Entre otros casos que hemos analizado se pueden citar las bebidas autocalentables[6,7], la hidratación de

---

[1] EUROPEAN COMMUNITIES (2007). Key competences for lifelong learning: European reference framework, Bruselas, [en línea], disponible en http://bit.ly/1KcTAos [consultado el 06/05/2016].

[2] HALÁSZ, G. y MICHEL, A. (2011). Key competences in Europe: Interpretation, policy formulation and implementation. *European Journal of Education*, 46 (3), pp. 289-306.

[3] MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2015). Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, 29 de enero de 2015, pp. 6986-7003, [en línea], disponible en http://bit.ly/1zgZIvh [consultado el 06/05/2016].

[4] PINTO, G.; MARTÍN, M. y MARTÍN, M. T. (2013). La vida cotidiana en la enseñanza de la química y la física. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M.; BARATAS DÍAZ, A. y BRANDI FERNÁNDEZ, A. (editores). *II Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato*. Madrid, Santillana, pp. 309-317.

[5] PINTO, G.; HERNÁNDEZ, J. M.; MARTÍN, M. y MARTÍN, M. T. (2015). Análisis de la información comercial de productos para el aprendizaje de física y química por indagación. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M.; BARATAS DÍAZ, A. y BRANDI FERNÁNDEZ, A. (editores). *III Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato*. Madrid, Santillana, pp. 211-219.

[6] OLIVER-HOYO, M. T.; PINTO, G. y LLORENS-MOLINA, J. A. (2009). The Chemistry of self-heating food products. *Journal of Chemical Education*, 86, pp. 1277-1280.

[7] PROLONGO, M. L. y PINTO, G. (2010). Las bebidas autocalentables y autoenfriables como recursos para un aprendizaje activo. *Educació Química*, 7, pp. 4-14.

legumbres[8], química de medicamentos[9] y propiedades de los productos antipolilla[10]. En este capítulo se recogen otros aspectos cotidianos, relacionados con el enfriamiento del agua que se produce, en determinadas condiciones, cuando se almacena en recipientes cerámicos porosos. Se considera que este efecto, bien conocido en la práctica desde hace miles de años, con la correspondiente adecuación, puede servir para fortalecer las siete competencias clave del currículo ya citadas aunque, de forma más destacada, las básicas en ciencia y tecnología.

Aparte de favorecer la comprensión de algunos conceptos físico-químicos (calor de vaporización, transmisión de calor, evaporación, temperatura húmeda, humedad del aire, presión de vapor, transferencia de materia, etc.), es un tema transversal e interdisciplinar que permite plantear aspectos de tecnología (como la relación entre estructura, propiedades y procesado de las arcillas, o la conservación de alimentos por refrigeración) y de climatología, así como enfoques del tipo Ciencia-Tecnología-Sociedad, o la interpretación de otros fenómenos (como el funcionamiento del juguete científico conocido como pájaro bebedor), entre otros.

## 2. El enfriamiento del agua en recipientes cerámicos porosos: aspectos termodinámicos

El agua contenida en recipientes cerámicos porosos, como los populares botijos, se enfría debido al efecto térmico que se produce al irse evaporando. Si bien la descripción precisa y cuantitativa de la termodinámica implicada en el proceso es de cierta complejidad, y propia de un nivel universitario avanzado (tanto de física como de matemáticas), los razonamientos básicos pueden ser de utilidad para trabajar también con alumnos de niveles previos.

Es frecuente encontrar en libros de texto de los distintos niveles educativos el caso del botijo, como ejemplo de enfriamiento por evaporación. La propia definición del término por el *Diccionario de la Lengua Española* de la Real Academia lo describe como «vasija de barro poroso que se usa para refrescar el agua». Su «funcionamiento» está bien entendido desde hace tiempo: debido a la porosidad de la cerámica, se exuda agua (por capilaridad) que, al evaporarse, toma la energía térmica necesaria (calor latente de vaporización) del agua interior, consiguiendo que esta se enfríe. La temperatura más baja a la que puede llegar el aire por evaporación del agua en su seno o temperatura húmeda del aire, determinará la temperatura mínima teórica que puede alcanzar el agua de un botijo. Este parámetro, conocido también como temperatura de bulbo húmedo, depende de la temperatura del aire, de su humedad relativa y de la presión atmosférica. Además del enfriamiento que se da a medida que se evapora el agua, se produce un calentamiento debido al propio aire (más caliente) que rodea al agua del botijo.

Hace dos décadas, desarrollamos un modelo matemático basado en las medidas experimentales (en función del tiempo) de masa y temperatura del agua contenida en un botijo determinado, en unas condiciones específicas del laboratorio[11]. En dicho modelo, que suponía un recipiente esférico y que se resume en las *figuras 1 y 2*, se plantean dos ecuaciones diferenciales que cuantifican la velocidad de evaporación del agua y su variación de temperatura. En estas ecuaciones, V es el volumen (o masa, por ser su densidad la unidad) ocupado por el agua, A es la superficie de la lámina interior del agua y S es la superficie esférica mojada.

---

[8] Pinto, G. y Esin, A. (2004). Kinetics of the osmotic hydration of chickpeas. *Journal of Chemical Education*, 81, pp. 532-536.

[9] Pinto, G. (2005). Stoichiometry of calcium medicines. *Journal of Chemical Education*, 82, pp. 1509-1512.

[10] Pinto, G. (2005). Chemistry of moth repellents. *Journal of Chemical Education*, 82, pp. 1321-1324.

[11] Zubizarreta, J. I. y Pinto, G. (1995). An ancient method for cooling water explained by means of mass and heat transfer. *Chemical Engineering Education*, 29, pp. 96-99.

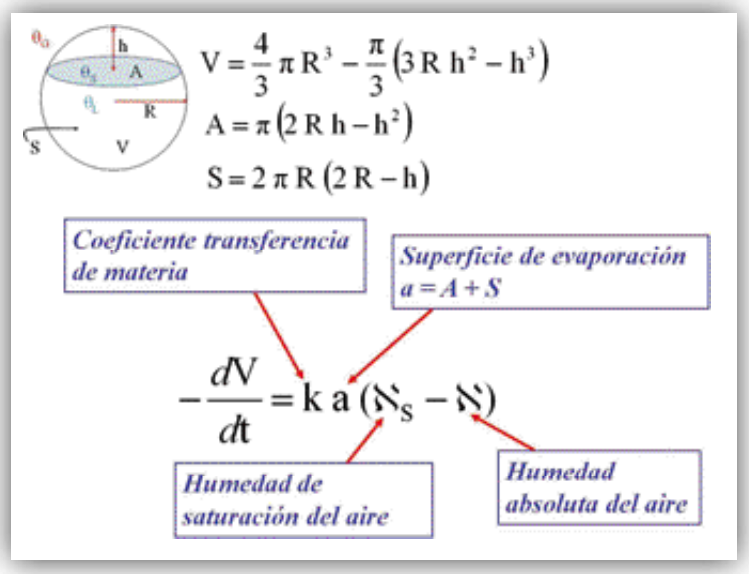



*Figura 1*. Modelo de botijo y ecuación que expresa la velocidad de evaporación del agua en función de su superficie total y la diferencia entre las humedades de saturación y real del aire.

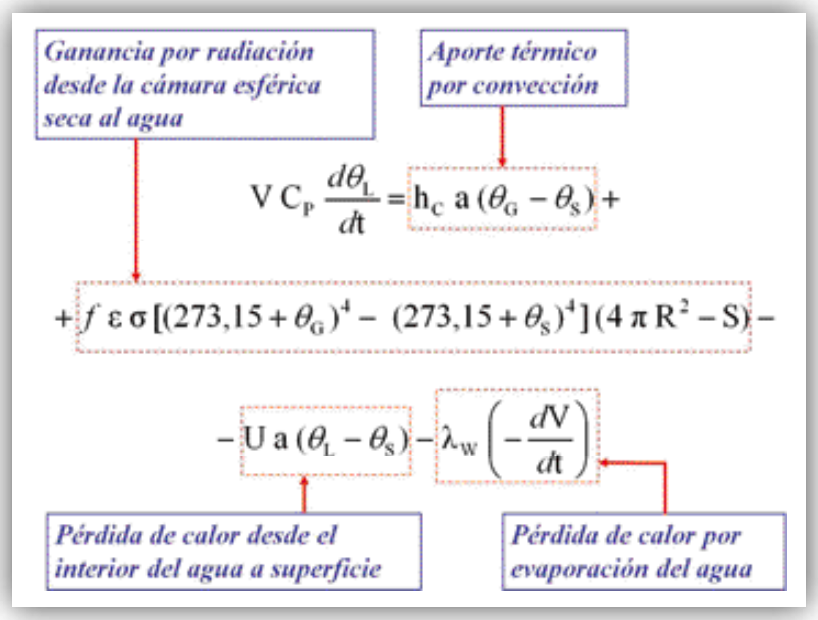



*Figura 2. Ecuación que expresa la variación térmica del agua como balance entre el calor transferido del aire al agua (por convección y por radiación en la cámara del botijo sin agua), el calor perdido por el agua a la interfase líquido-vapor y la evaporación del líquido (medido por el calor latente de vaporización, $\lambda_w$).*

Dado que el estudio detallado y la descripción de todas las variables de estas ecuaciones excede la naturaleza de este capítulo, se remite al lector a la última referencia citada y a la dirección web donde exponemos diversos aspectos y otras fuentes bibliográficas en torno a este tema[12]. En estas referencias se describe cómo se resolvieron las ecuaciones por métodos numéricos y se explica que se encontró una buena relación entre los valores de masa y temperatura experimentales y los obtenidos por el tratamiento matemático. La introducción de este modelo en Bachillerato, aunque sea a nivel descriptivo,

[12] PINTO, G. (1995). Enfriamiento del agua contenida en recipientes cerámicos porosos, [en línea], disponible en http://bit.ly/1SEngyy [consultado el 06/05/2016].

puede servir para que los alumnos aprecien la importancia de las matemáticas y se den cuenta de que, para resolver problemas prácticos concretos, suele ser necesario utilizar conceptos de lo abordado en diferentes asignaturas.

## 3. Un enfoque de Ciencia-Tecnología-Sociedad: el refrigerante *zeer* o *pot in pot*

En el año 2000, la conocida marca de relojes Rolex otorgó uno de los premios que concede con carácter bienal, para reconocer el desarrollo de proyectos empresariales creativos y de inventos pioneros que promueven cambios significativos, al profesor Mohammed Bah Abba. Se destacaba así su labor en el desarrollo de un frigorífico que funciona sin necesidad de aporte de energía eléctrica, mediante la aplicación de una tecnología aparentemente sencilla, pero que, para los habitantes de ciertos pueblos africanos, ha significado un hito fundamental para su desarrollo. Estos premios suponen un reconocimiento a tareas encomiables realizadas, en la mayoría de las ocasiones, con medios materiales sumamente limitados[13].

El profesor Abba inventó un frigorífico, hecho con cerámica y que se basa en el enfriamiento del agua, de forma análoga al caso del botijo explicado en el apartado anterior. Dicho frigorífico, que en inglés se conoce como *pot in pot* («vasija en vasija») y en árabe como *zeer*, requiere la preparación de dos recipientes de cerámica porosa, de distinto tamaño, que se disponen uno dentro del otro, y entre los que se introduce arena humedecida (ver *figura 3*). Es esencial para su correcto funcionamiento que la arena esté constantemente húmeda. Dentro de la vasija interna se introducen alimentos que se tapan con un paño húmedo y que se encontrarán a temperaturas inferiores a las del ambiente exterior, gracias a la evaporación del agua de la arena humedecida. Se produce así un descenso de temperatura de hasta cerca de veinte grados centígrados, dependiendo de las condiciones climáticas. Sería interesante para los alumnos constatar que los frigoríficos convencionales, si bien llegan a temperaturas inferiores y son más controlables, necesitan estar conectados a la red eléctrica para funcionar, dado que se basan en otros principios termodinámicos muy diferentes.

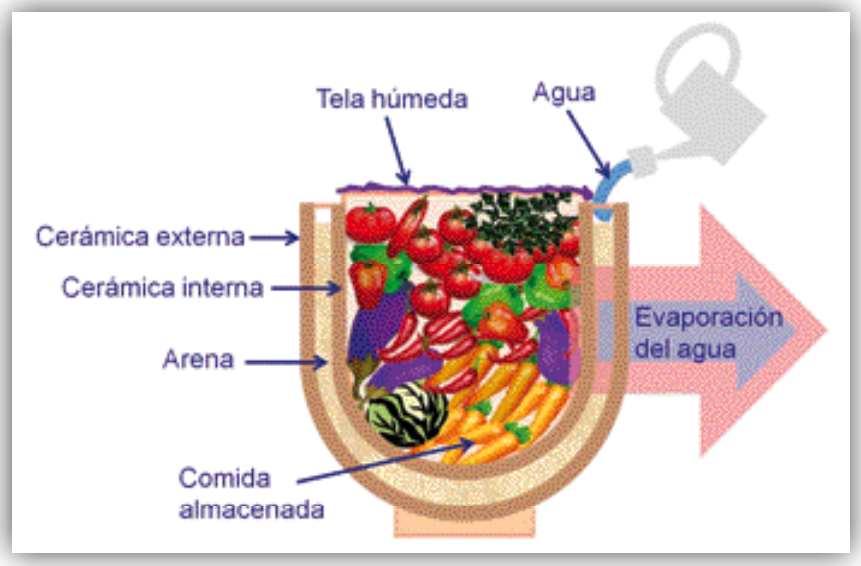



*Figura 3.* Esquema del frigorífico *pot in pot*.

Una vez que el profesor Abba desarrolló su idea, comprobó en la práctica que funcionaba. Así, por ejemplo, observó que las berenjenas, que duran en el clima de la zona del orden de tres días, se mantienen en

[13] Rolex Awards for Enterprise (2016). Mohammed Bah Abba, 2000. Laureate: Ancient technology preserves food, [en línea], disponible en http://bit.ly/1VTFwHH [consultado el 06/05/2016].

condiciones aptas para el consumo durante casi un mes en su frigorífico. Y los tomates y pimientos duran óptimamente más de tres semanas. Otro cultivo de elevado consumo en la zona, parecido a la espinaca, que deja de ser comestible en tiempo caluroso en solo dos días, pasa a durar cerca de dos semanas en el frigorífico descrito. En una economía de subsistencia, como es la característica de la zona (norte de Nigeria), dependiente prácticamente en exclusividad de productos agrícolas, muchas niñas dedicaban la mayor parte de su tiempo a la venta ambulante de vegetales perecederos que, en ese clima tan cálido (semidesértico), duran apenas unos días. El frigorífico permite espaciar su venta, con lo que pueden asistir más asiduamente a la escuela.

Una vez comprobada la tecnología, el profesor Abba tuvo que hacer un trabajo adicional: divulgar las bondades de su procedimiento y convencer de ello a los habitantes de los poblados. Teniendo en cuenta el elevado índice de analfabetismo de la zona, lo difundió con ayuda de una película que proyectaba sobre una sábana blanca. Apoyado por familiares con tradición alfarera, fabricó unos centenares de vasijas, que distribuyó para demostrar su utilidad. Su labor no se limitó, pues, a realizar una invención, sino que tuvo que aplicar, en los años siguientes, sus conocimientos de gestión, para difundir su hallazgo (ver *figura 4*).



*Figura 4*. El profesor M. B. Abba (1964-2010) junto a su frigorífico de cerámica (tomado de Rolex Awards / Tomas Bertelsen).

Abba no era profesor de ciencias. Tras estudiar Gestión y Administración en la Universidad Ahmadu Bello, en la ciudad de Zaria, ejerció la docencia de estas materias en el Politécnico Público de Jigawa en Dutse, también en Nigeria. Poseía creatividad y una inteligencia muy práctica, lo que le permitió aplicar conocimientos científicos básicos, como los mencionados, a la solución de problemas concretos. Sus inquietudes sociales le llevaron también a ser asesor de programas de desarrollo de Naciones Unidas, organizando diversas actividades para la promoción social de la mujer.

Además de todo esto, el mantenimiento de un frigorífico *zeer* es muy económico: por un módico precio que no llega a un euro, permite refrigerar suficientemente unos doce kilogramos de frutas, verduras y otros alimentos (como carne), siempre que se mantenga humedecida la arena presente entre ambos recipientes. También, al no necesitar aporte de energía eléctrica, se evitan emisiones de dióxido de carbono, por lo que promueve un desarrollo sostenible. Y, gracias a la necesidad de fabricación de estos recipientes, se potencia la industria alfarera de la zona. Hasta la fecha, se han distribuido más de cien mil frigoríficos *zeer*, no ya solo en el norte de Nigeria, sino también en otros países del entorno. Se está estudiando también el método para otras aplicaciones interesantes; por ejemplo, para conservar viales de insulina para pacientes diabéticos de zonas rurales remotas de Eritrea, donde no hay acceso a la electricidad.

Este frigorífico supone, pues, una esperanza para ciertas zonas africanas y es un ejemplo más de que, gracias al conocimiento científico y al tesón de seres humanos emprendedores, pueden solucionarse problemas prácticos, propiciando un futuro mejor.

## 4. Otros aspectos y fenómenos relacionados

Aparte de las cuestiones termodinámicas comentadas, se pueden abordar con los alumnos, entre otros, aspectos relacionados con climatología, relación entre estructura y propiedades de las arcillas, cinética química (conservación de alimentos), y análisis del juguete científico conocido como «pájaro bebedor», como se explica a continuación.

Es importante recalcar que, independientemente de su temperatura inicial, la temperatura mínima que puede alcanzar el agua contenida en un botijo o en el recipiente *pot in pot*, a partir de las condiciones concretas del aire del entorno, es la temperatura húmeda. Por lo indicado anteriormente, para que la vasija sea eficiente, y se produzca la evaporación del agua a velocidad adecuada, requiere transpirar el agua y encontrarse en un ambiente seco. Esta situación, característica de los climas mediterráneo o semidesértico, con veranos secos, supone una cierta rareza climática ya que en amplias zonas los veranos son húmedos y, en ellos, el botijo no tendría tanto sentido (el agua no se enfriaría al no tener tendencia a evaporarse por la elevada humedad del ambiente). Así pues, el clima es muy importante para el efecto térmico analizado. Este hecho justifica el porqué los botijos y otros materiales cerámicos que refrescan el agua son conocidos desde hace siglos solo en ciertas zonas. Además, una adecuada ventilación, que promueva la dispersión de las moléculas del agua que se van evaporando, también favorece el proceso. Recientemente, los profesores Martínez de Azagra y del Río realizaron un estudio en profundidad sobre potenciales áreas del planeta donde se podrían utilizar dispositivos de cerámica para refrigerar agua[14]. Hay constancia de la existencia de ciertos tipos de vasijas de arcilla porosa refrigerantes en Egipto, fabricadas hace más de tres mil años. En la actualidad, entre otros países, se constata su presencia en Burkina Faso, donde algunos recipientes de cerámica que contienen alimentos se sumergen en agua antes de llenarlos, y en la India, donde hay vendedores ambulantes de frutas y bebidas que guardan en bolsas dentro de contenedores de arcilla humedecida.

De lo discutido anteriormente se deduce que si el agua se evapora en un ambiente muy seco, la variación de temperatura será grande, mientras que en aire saturado de vapor de agua no se produce evaporación. La relación entre variación de temperatura y humedad relativa del aire se puede determinar con las tablas psicrométricas. La psicrometría es la rama de la ciencia que estudia las propiedades termodinámicas del aire húmedo y el efecto de la humedad en los materiales y en el confort humano.

Aparte de las características del agua, también la cerámica con la que se fabrica la vasija ocupa un papel relevante. Es un material aislante térmico (conduce mal el calor), por lo que resguarda al interior del calor del aire y de la radiación solar. Además, su porosidad permite que se evapore el agua. Si la cerámica no fuera porosa, no se produciría evaporación del agua y, por tanto, no habría refrigeración (como ocurre con los botijos barnizados). Por otra parte, la porosidad aumenta la capacidad como aislante térmico del material cerámico.

Para preparar objetos de cerámica, como los aquí indicados, se trata una arcilla adecuada con agua, lo que la hace deformable (adquiere un comportamiento «plástico»). Las arcillas están constituidas por varios tipos de silicatos y aluminosilicatos de estructura laminar. En la *figura 5* se muestra la correspondiente a la montmorillonita. Las arcillas se suelen volver plásticas con el agua porque esta sustancia les otorga un efecto «lubricante» que facilita el desplazamiento de las láminas entre sí. Todo esto puede analizarse dentro de la asignatura de Tecnología, al tratar los materiales cerámicos, existiendo multitud de referencias idóneas aparte del propio libro de texto[15].

[14] Martínez De Azagra, A. y Del Río, J. (2015). World map of potential areas for the use of water cooling pitchers (botijos). *Journal of Maps*, 11, pp. 240-244.

[15] Bergaya, F. y Lagaly, G. (2006). General introduction: Clays, clay minerals, and clay science. *Developments in Clay Science*, 1, pp. 1-18.

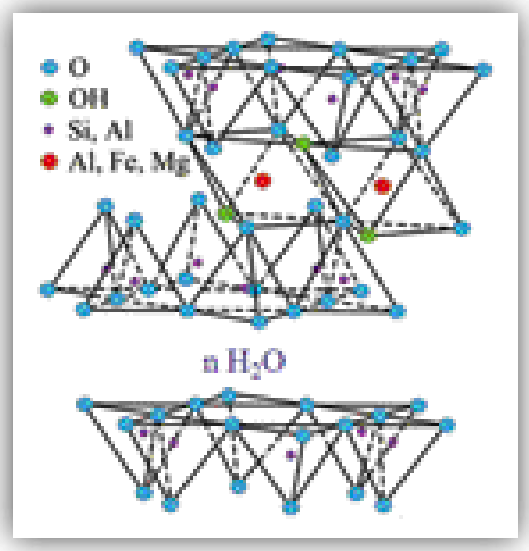



*Figura 5.* Estructura de la montmorillonita, como ejemplo de arcilla.

Una vez conformada una pieza de arcilla humedecida con la forma deseada, se somete a un ciclo de secado y calefacción en hornos, a temperatura adecuada, produciéndose una serie de procesos químicos de transformación de silicatos, que hacen rígido el material y, por tanto, deja de ser deformable. Sin conocer como ahora la estructura de los silicatos arcillosos, ni las complicadas reacciones químicas implicadas en su cocción, este proceso de preparación de materiales cerámicos es bien conocido desde hace miles de años: es el «misterio» del arte de la alfarería.

El descenso de temperatura que se produce en la vasija interna del frigorífico *zeer* provoca una ralentización de los procesos bioquímicos de degradación de los alimentos allí guardados, aumentando su duración. Esto es el fundamento, a grandes rasgos, de la refrigeración de los alimentos para su conservación más duradera: cuanto más fríos están, más tiempo serán aptos para el consumo, por ser menor su velocidad de degradación. Como es bien sabido, este es un hecho bastante universal: la velocidad de las reacciones químicas disminuye al descender la temperatura. Cuantitativamente viene regido, en muchas ocasiones, por la ecuación de Arrhenius, que se aborda en la química de Bachillerato. La vida de las bacterias (seres vivos unicelulares) que degradan los alimentos se basa, como la de cualquier otro ser vivo, en reacciones químicas que tienen lugar en el interior de las células y, a baja temperatura, se hacen más lentas.

Otro aspecto relacionado y que es atractivo, o al menos curioso, para los alumnos (lo conocen a veces por su aparición en la serie Los Simpson), es la discusión del funcionamiento del «pájaro bebedor». Al respecto, se recomiendan dos trabajos: en uno se explica el funcionamiento a un nivel introductorio[16] y, en el otro, se hace con mayor profundidad, analizando el periodo de oscilación, la influencia de la humedad, y una simulación de la dinámica implicada[17]. Algunos aspectos que se pueden mostrar a los alumnos con el «pájaro bebedor» son su propia construcción (por ejemplo, debe hacerse el vacío en su seno, porque, si hubiera aire, el líquido tendría que comprimirlo y no podría ascender), la utilización de un líquido volátil (normalmente diclorometano con colorante), la influencia de la humedad (por ejemplo, deja de oscilar en minutos si está introducido en un fanal de cristal, como el recogido en la *figura 6*, al saturarse de humedad) o la necesidad de generar una variación de temperatura entre los

[16] GÜÉMEZ, J. (2011). La física del pájaro bebedor. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias,* 8 (número extraordinario), pp. 399-403.

[17] GÜÉMEZ, J.; VALIENTE, R.; FIOLHAIS, C. y FIOLHAIS, M. (2003). Experiments with the drinking bird. *American Journal of Physics*, 71 (12), pp. 1257-1263, [en línea], DOI: 10.1119/1.1603272.

dos bulbos (el superior tiene que tenerla menor). Esto último se puede conseguir por evaporación del agua que empapa la cabeza (funcionamiento habitual), que produce su enfriamiento, pero también calentando el bulbo inferior con la mano (e incluso, como nos pasó en el despacho, al incidir un rayo de luz de la ventana sobre el bulbo inferior).

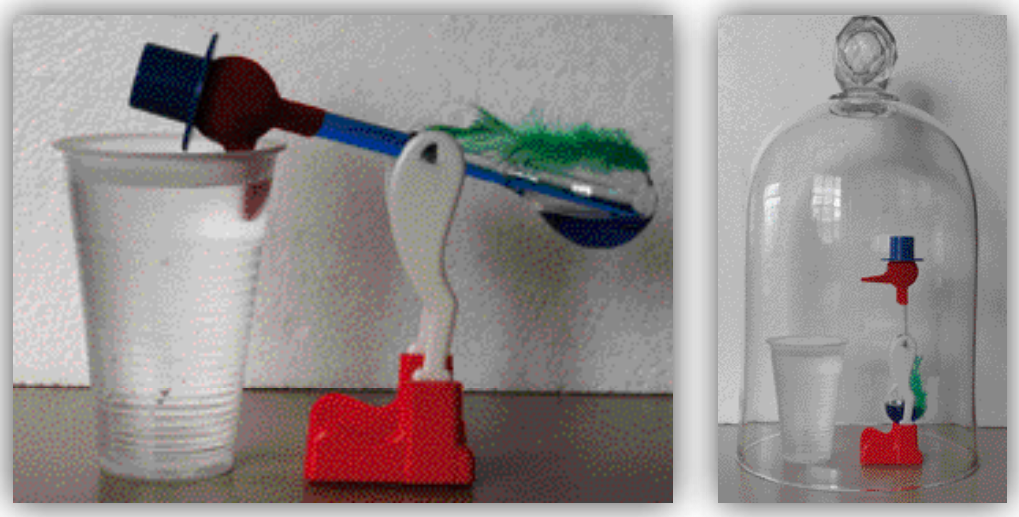


*Figura 6.* A la izquierda, el «pájaro bebedor» en pleno funcionamiento. A la derecha, parado por estar en un ambiente saturado de humedad.

## 5. Algunas sugerencias de aplicación en la práctica docente

Lo tratado en los apartados anteriores puede servir de inspiración para profesores de distintos niveles educativos y entornos, para abordar trabajos educativos variados. Por ejemplo, los alumnos pueden medir la variación con el tiempo de la masa del agua y de la temperatura en un botijo, a medida que se evapora, controlando las variables (temperatura y humedad principalmente) externas. También pueden hacer lo mismo, para estudiar un frigorífico *pot in pot* construido con dos macetas de diferente diámetro, o preparando ellos mismos los recipientes a partir de arcilla. En este caso, pueden analizar experimentalmente la efectividad de la refrigeración conseguida en la conservación de distintos tipos de alimentos, y proponer propuestas de mejora.

Pueden también profundizar en el significado de la temperatura de bulbo húmedo y su medida (por ejemplo, rodeando el bulbo de un termómetro con una tela humedecida en corriente de aire), discutir sobre la diferencia entre evaporación y ebullición (no sencillo de entender por los alumnos), o razonar sobre qué es la presión de vapor de un líquido.

Algunas preguntas que se pueden plantear a los alumnos son: ¿cómo serían los efectos estudiados con líquidos distintos del agua? ¿Por qué no funcionan para enfriar el agua los botijos barnizados, o los porosos en países como Gran Bretaña? ¿Por qué sube el líquido interior y se provoca un desequilibrio mecánico en el «pájaro bebedor»? ¿A qué se debe que se pare si se introduce en una campana de vidrio?

El enfriamiento por evaporación de agua en recipientes cerámicos tiene aplicaciones en construcción[18], así como en la fabricación de modernos dispositivos[19]. Como otro ejemplo de versatilidad y potencialidad

[18] Ibrahim, E.; Shao, L.Y Riffat, S. B. (2003). Performance of porous ceramic evaporators for building cooling applications, *Energy and Buildings*, 35, pp. 941-949.

[19] Ciencia Plus.com (2015). La evaporación del agua, nueva fuente de energía renovable [en línea], disponible en http://bit.ly/1KWruyw [consultado el 06/05/2016].

del tema, hace unos años se desarrolló una metodología para la evaluación de diagnóstico de segundo curso de ESO en relación a la competencia de resolución de problemas, basada en el trabajo sobre el botijo citado[20].

## 6. CONCLUSIONES

El efecto del enfriamiento del agua que se almacena en recipientes cerámicos porosos constituye una aplicación de la termodinámica con importantes implicaciones. Partiendo de la explicación del «mecanismo» de refrigeración del agua de un botijo en un caluroso día de verano, o del razonamiento sobre el funcionamiento del «pájaro bebedor», se pueden abordar distintos enfoques didácticos, incluidos algunos del tipo Ciencia-Tecnología-Sociedad. Entre estos últimos, se ha propuesto la discusión de un frigorífico que puede funcionar en zonas semidesérticas, sin acceso a la electricidad, para conservación de alimentos, con importantes beneficios sociales.

También se pueden abordar otros temas, como climatología, relación entre estructura y propiedades de las arcillas o fabricación de cerámica. Con todo ello, los profesores de distintos niveles educativos pueden encontrar diferentes tareas para sus alumnos, tanto a nivel teórico como experimental, facilitando una formación por competencias.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece la ayuda recibida en 2016 por la Sección Territorial de Madrid de la Real Sociedad Española de Química, a través del proyecto «Química para todos y para todo».

[20] OFICINA DE EVALUACIÓN DE LA VICECONSEJERÍA DE EDUCACIÓN Y CULTURA DE CASTILLA-LA MANCHA (2011). La ecuación del botijo: prueba de diagnóstico, [en línea], disponible en http://bit.ly/1OezcaL [consultado el 06/05/2016].

# ¿Cómo enseñamos a analizar la dieta a estudiantes de magisterio?

Maximiliano Rodrigo Vega, José Manuel Ejeda Manzanera, Juan Peña Martínez

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. C/ Rector Royo Vilanova s/n*
*Facultad de Educación. Universidad Complutense - 28040 Madrid*
mrodrig1@edu.ucm.es.

**Palabras clave:** Educación para la salud, formación del profesorado, educación en alimentación.

**Keywords:** Education for health, teacher training, nutrition education.

**Resumen**

Presentamos en este escrito la manera de proceder con la que futuros maestros en el seno de una asignatura de alimentación han abordado el análisis de sus dietas durante periodos de una semana, actividad que estimamos nuclear en su formación. La inmensa mayoría de participantes investigados han sido mujeres (94,3%), con edad media de 23 años. Como resultado global destacamos que solo en torno al 30% del alumnado estudiado realiza una dieta próxima o dentro de los límites recomendables de «dieta saludable». Destacamos como objetivos de interés potenciar el consumo de lácteos, cereales, frutas, verduras y disminuir la bollería industrial.

**Abstract**

This paper presents the way how the future teachers within the subject of nutrition have broached the analysis of their diets during periods of a week, activity that we think is nuclear in their nutrition education. The vast majority of participants surveyed were women (94.3%) with a mean age of 23 years. On the overall result we emphasize that only about 30% of analysed students is near or within the recommended limits of «healthy diet» . We highlight as interesting objectives: promotion of the consumption of dairy products, cereals, fruits, vegetables and reduction of industrial bakery.

## Introducción

Como educadores consideramos que entre las estrategias determinantes que ayuden a buscar soluciones que mitiguen la epidemia de obesidad estaría la mejora de la formación inicial que en Educación Alimentaria básica se proporcione a los profesores (y en especial a los maestros) dada la función social que luego pueden tener. Como hemos sintetizado recientemente[1], durante años hemos ido realizando distintos estudios sobre conocimientos y hábitos alimentarios con futuros maestros en el seno de una asignatura sobre Alimenta-

[1] Rodrigo, M.; Ejeda, J. M. y Caballero, M. (2013). Una década enseñando e investigando en Educación Alimentaria para maestros. *Revista Complutense de Educación*, 24(2), pp. 243-265.

ción y esta aportación que hoy proponemos se referirá a nuestro trabajo con las conductas alimentarias de nuestro alumnado. Precisamente el campo de la mejora de hábitos alimentarios es el más difícil de educar y trasformar siendo los resultados obtenidos hasta ahora mejorables aunque positivos. En esta línea nos afirmamos en el principio de que manejar la competencia de «saber analizar críticamente el tipo de dieta semanal que se realiza» sigue siendo un objetivo clave para poder a la larga mejorar los comportamientos dietéticos de nuestros alumnos. Dentro de esta línea didáctica nos parece nuclear que los alumnos entiendan, manejen críticamente y apliquen las llamadas guías alimentarias dado que las consideramos esenciales en la Educación Alimentaria tanto de ellos como en su preparación para posibles futuras labores docentes.

En el sentido anterior ya expusimos en 2010[2] las bases generales de la guía alimentaria con la que trabajamos, cómo nombramos los grupos de consumo de alimentos y qué cantidades establecemos como raciones de consumo óptimo para nuestro alumnado en cada grupo, etc.; pero nos ha parecido de interés ofrecer, en el seno del IV Congreso de Docentes de Ciencias, información de cómo procedemos en nuestra actividad de aplicación didáctica, especialmente en lo referido al campo del análisis de dietas y es lo que intentaremos exponer seguidamente.

## OBJETIVOS DE LA EXPERIENCIA QUE DESCRIBIMOS

- Presentar cómo abordamos la preparación previa del alumnado para que se enfrente al análisis sistemático de su dieta durante siete días (cinco lectivos y dos festivos).
- Ofrecer una herramienta que hemos elaborado y que opera de acuerdo con nuestra guía alimentaria y que puede servir para realizar cómputos sencillos de raciones de alimentos previo a los análisis de dieta. Recurso que hemos denominado calculadora de dieta para maestros[3].
- Exponer cómo realiza el alumnado la revisión crítica de las propias pautas de alimentación y algunos resultados relevantes que hemos obtenido sobre el tipo de dietas que realizan.

## FASES DEL DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

La aplicación en el aula y el ejercicio posterior de análisis de su dieta por cada alumno supondría una serie de pasos encuadrados en nuestro diseño didáctico[1] que resumidos serían:

**A)** La explicación previa en clase de nuestro modelo de guía alimentaria.

**B)** El entrenamiento para (por este orden): saber pesar y medir cantidades de alimentos; registrar dietas ejemplos en el aula y a su vez manejar la herramienta que hemos diseñado para facilitar los cálculos previos de sus raciones de consumo de alimentos semanales (véase la calculadora de dieta para maestros [3]).

**C)** Por último, se programa su práctica de análisis personal con sus datos de dieta extraídos de la calculadora y que deberán entregarnos en su dosier-cuaderno personal. Pasamos a comentar cada una de estas fases.

### A) EXPLICACIÓN DEL MODELO DE GUÍA ALIMENTARIA

Es muy importante que el alumno comprenda previamente cuál es el modelo de raciones de consumo óptimo con el que queremos realizar la comparación. El modelo de guía alimentaria con el que trabajamos[2] se caracterizaría por:

---

[2] RODRIGO, M. y EJEDA, J. M. (2010). La rueda de los alimentos. Propuesta para la formación de maestros. *Alambique,* 65, pp. 52-60.

[3] EJEDA, J. M. y RODRIGO, M. (2012). *Calculadora de Dieta para Maestros*, [en línea], disponible en: https://www.ucm.es/didactica_cc_exp/calculadora-de-dieta-para-maestros.

- Buscar una aproximación a la dieta saludable de acuerdo con la tipología del alumnado del aula (permite fluctuaciones).
- Está adaptado a la edad de nuestros alumnos, define agrupamientos de alimentos familiares a los alumnos (equivalencias/variaciones entre ellos), frecuencias de consumo y cantidades.
- El análisis y la propuesta óptima es semanal, para permitir variabilidad de alimentos: se completa en cinco días lectivos más dos festivos.
- El control interno de calidad busca que la dieta contenga un perfil calórico® de consumo equilibrado de kcal: 55-60% procedente de hidratos de carbono; de grasas, un 25-30%, y de proteínas, un 12-15% (®: recomendado).
- El control externo se situaría en la comparación con el IMC (Índice de Masa Corporal, si es Normopeso o no) de cada alumno y su nivel de actividad.

### B) ENTRENAMIENTO EN RECOGIDA DE DATOS Y CÁLCULOS DE RACIONES

Esta fase culmina básicamente con la preparación para poder trabajar con la calculadora de dieta, que opera internamente con los datos de la guía alimentaria referida. Dicho instrumento consta de un tutorial y una serie de hojas Excel (ver *figura 1*) que les van a ayudar a calcular las raciones personales reales que ha consumido cada alumno a lo largo de la semana. Asimismo ofrece a cada alumno (de acuerdo con sus respuestas) datos de su IMC, su nivel de actividad, su tasa metabólica, incluso cómo son sus desayunos semanales por la importancia que queremos dar a este tema en un futuro, etc. (ver *figura 2* de la hoja Excel final). Es decir, una serie de informaciones que les son muy útiles para poder profundizar sobre su análisis personal de dieta que resumimos a continuación.

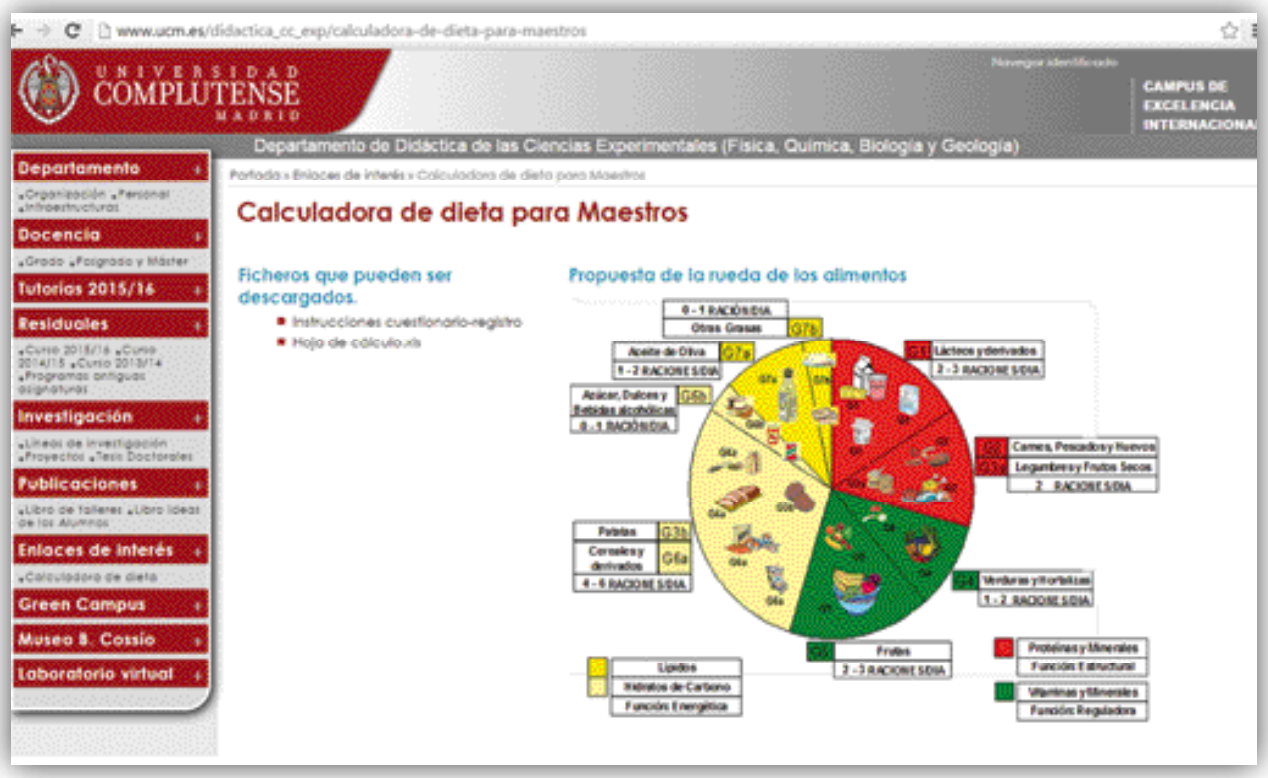



*Figura 1.* Figura de la propuesta de calculadora de dieta para maestros en la que se aprecian los documentos descargables: el tutorial y las hojas Excel de cálculo (ver también en https://www.ucm.es/didactica_cc_exp/calculadora-de-dieta-para-maestros).

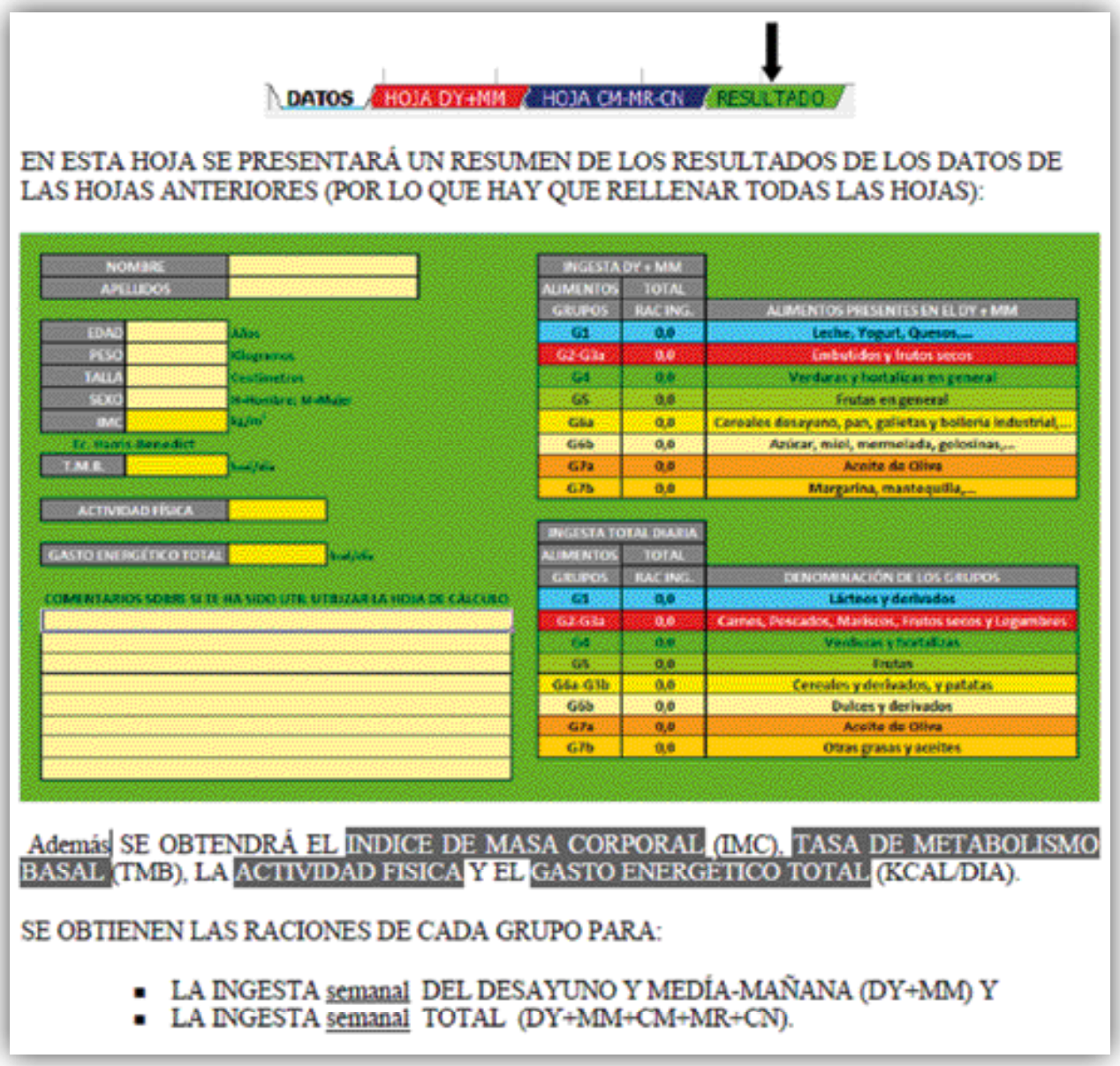



*Figura 2.* Figura de la hoja Excel de cálculo final que muestra información de datos de consumo personales de raciones semanales, de IMC, de actividad etc.

## C) PRÁCTICA DE ANÁLISIS PERSONAL

Cada alumno debe recoger, a partir de los datos de la hoja Excel final, sus datos reales y realizar un cuadro resumen de análisis de consumo con sus comentarios respectivos que debe recoger en su cuaderno personal o dosier, que entregará al profesor para ser evaluado (ver ejemplo resumido en *figuras 3* y *4*)

**PRÁCTICA ¿QUÉ COMO?: Análisis de mi dieta semanal**

**DATOS DE IDENTIFICACIÓN:**

**Edad:** 22 años. **Peso:** 56 Kg. **Talla:** 163 cm.
**Tasa Metabólica Basal (mujer):** 1388,95 Kcal. /día **IMC:**: 21,08
**Actividad física semanal (resumen):** No realizo ninguna actividad extraordinaria.

**REFLEXIÓN PREVIA a la PRÁCTICA:**

Considero que mi alimentación seguramente es bastante equilibrada y variada, aunque debería incrementar la ingesta de fruta y verdura. A nivel de necesidades constructoras la considero buena ya que tomo muchos lácteos (como yogures, quesos), huevos, todo tipo de carnes y pescados, legumbres. A nivel de necesidades energéticas creo que es buena pues tomo pan, pasta, patatas muy frecuentemente y a nivel de necesidades reguladoras puede que sea aceptable.

**RECOGIDA SISTEMÁTICA DE DATOS (7 días):**

| Día | Ingesta | Alimento | Cantidad |
|---|---|---|---|
| Día 1 | Desayuno | Zumo de naranja natural | 200 mL |
| | | Yogurt natural | 125 g |
| | | Galletas | 50 g |
| | Comida | Arroz tres delicias | 80 g |
| | | Pimiento, maíz, jamón | 25 g |
| | | Tortilla | 25 g |
| | | Filete de ternera | 100 g |
| | | Manzana | 100 g |
| | | Pan | 40 g |
| | Merienda | Salmón ahumado | 20 g |
| | | Pan | 40 g |
| | Cena | Ensalada de lechuga | 100 g |
| | | Tomate | 80 g |
| | | Pechuga de pollo | 100 g |
| | | Yogurt natural | 125 g |
| | | Pan | 40 g |
| | Aceite diario aproximado | | 50 g |
| Líquidos: | Agua diaria aproximada | | 1,6 L |

*Figura 3.* Reproducción del ejercicio de una alumna (1.ª parte P. dieta: toma de datos).

**CUADRO RESUMEN de ANÁLISIS:**

| Grupos de Alimentos según nuestra Guía | Raciones semanales Óptimas[1] | Raciones personales Reales[2] | Desviación (Opt[1]-Re[2]) | % Desv. (Opt[1]-Re[2])/(Opt[1]) | Valoración de Aproximación (+/- 20%) |
|---|---|---|---|---|---|
| G1: Lácteos | 14-21 | 13'2 | ↓0'8 | ↓5'7% | Aceptable |
| G2: Carnes , Pescados y huevos G3a: Legumbres y frutos secos | 14 | 16 | ↑2 | ↑14,2% | Aceptable |
| G3b Patatas G6 Pan, cereales G7 Aceites | 28-35 | 30 | = | = | Aceptable |
| G4: Verduras | 7-14 | 9'5 | = | = | Aceptable Aconsejable incluir alguna otra ración |
| G5: Frutas | 14 | 10'5 | ↓3,5 | ↓25% | Mejorable (a) Escasa |

Agua: La cantidad de agua consumida como media es de 1'5 litros diarios.

Comentarios de mejora: a. Al menos se deberían añadir dos raciones semanales de fruta.

**COMENTARIOS GLOBALES a la DIETA PERSONAL:**

Los resultados obtenidos concuerdan con lo que pensaba salvo en los Reguladores que son algo escasos. No obstante mi dieta a la luz de lo visto la considero globalmente bastante buena y estaría en paralelo a mi IMC que me sale Normopeso.

*Figura 4.* Reproducción del ejercicio de una alumna (2.ª parte P. dieta: análisis).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el estudio a fondo de las dietas disponemos de informaciones relevantes sobre los hábitos de nuestro alumnado que nos pueden ayudar a entender y mejorar su formación alimentaria, seguidamente realizamos una síntesis de algunos aspectos destacables.

### A) CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

La inmensa mayoría de participantes investigados han sido mujeres (94,3%), con edad media de 23 años. Esto tiene implicaciones para nuestra investigación, dado que los niveles de energía y nutrientes recomendados se definen por edad y sexo[4].

En general, con respecto a la caracterización genérica nutricional que presenta el alumnado, la principal tipología de Índice de Masa Corporal-IMC[4] de acuerdo con las edades estudiadas es el normopeso para cerca del 78%, seguido del Peso insuficiente para un 15%, luego el sobrepeso grado I para un 5%, y por último el sobrepeso grado II (preobesidad) para el 2% aproximadamente.

### B) HÁBITOS DE CONSUMO

En torno a un tercio del alumnado analizado se muestra claramente activo en buscar una elección de dieta saludable; pero para la mayoría generalmente la elección de dieta sigue la dependencia familiar[5]. El periodo de estudios universitarios suele ser el momento en que los estudiantes asumen por primera vez la responsabilidad de su comida. Por tanto, se trata de un periodo de educación crítico para el desarrollo de hábitos dietéticos que tienen mucha importancia en la futura salud. Luego deberemos trabajar la elección de dieta, como, por ejemplo, el tipo de desayuno a realizar, como una actividad personal, con gran significado para su salud como seguidamente resaltaremos.

Principalmente realizan «desayuno, comida y cena» y otras dos ingestas opcionales (principalmente la merienda frente a la de mediamañana), la media está en 3,8 ingestas al día[6]. No obstante, existen alumnos que no realizan desayuno (del seguimiento realizado durante siete días existe un 20% aproximadamente que no desayuna alguno de esos días) y muchos no realizan la toma de media mañana (del seguimiento de siete días aproximadamente el 85% no realiza esta toma algún día) y esto consideramos que debería cambiar a la luz de lo que expusimos en 2015[7].

El tiempo de docencia de que disponemos es limitado y vamos a centrar los esfuerzos en algo concreto en un futuro próximo y que consideramos asumible, fácil de realizar y que tiene ventajas para la mejora global de dieta y posiblemente para la mejora de la salud y del rendimiento profesional. Es decir, mejorar el desayuno y la toma de media mañana lo consideramos estratégico y es una clave de nuestro interés docente en un futuro próximo.

En cuanto al perfil calórico de su dieta diaria, con respecto a la ingesta recomendada es desequilibrado, existe un exceso en cuanto al porcentaje en kilocalorías de proteínas y lípidos, y un déficit de hidratos

---

[4] UNED (2016). *Guía nutricional: dieta equilibrada* (consultada el 16-04-2016). [En línea], disponible en http://www2.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-I/guia/

[5] RODRIGO, M.; EJEDA, J. M. y GONZÁLEZ, C. (2010a). Una investigación en torno a las concepciones sobre alimentación en futuros profesores. *Revista Complutense de Educación,* 21(1), pp. 189-207.

[6] RODRIGO, M.; EJEDA, J. M. y SÁNCHEZ, S. (2009). La enseñanza de la alimentación en futuros maestros: estudio de estado nutricional y hábitos alimentarios. *Enseñanza de las Ciencias, n.º* extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, pp. 804-811.

[7] RODRIGO, M.; EJEDA, J. M.; IGLESIAS, M. T.; CABALLERO, M. y ORTEGA, C. (2015). Una investigación sobre la calidad del desayuno en una población de futuros maestros. *Nutr. Clin. Diet. Hosp.,* 35(1), pp. 76-84.

de carbono (ver *tabla 1*, parte A) como puso en evidencia Ejeda[8]. Además, casi el 100% de los alumnos realizan la cena (frente a la toma de media mañana que suele ser minoritaria) y la última comida nocturna presenta una ingesta en porcentaje de kilocalorías superior a la recomendada (ver *tabla 1*, parte B).

Parte A

| Perfil de glúcidos | % alumnos | Perfil de lípidos | % alumnos | Perfil de proteínas | % alumnos |
|---|---|---|---|---|---|
| < 55% | 71,3% | < 25% | 6,9% | < 10% | 0,0% |
| ®55%-60% | 27,6% | ®25%-30% | 13,8% | ®10%-15% | 4,6% |
| > 60% | 1,1% | > 30% | 79,3% | > 15% | 95,4% |

Parte B

| | Rangos | Alumnos (n = 147) |
|---|---|---|
| **Tipo de ingesta diaria** | % kcal | % |
| **Desayuno + media mañana** | 25-30%® | 23,0% |
| **Comida** | 35-40%® | 28,7% |
| **Merienda** | 10-15%® | 24,1% |
| **Cena** | 20-25%® | 20,70% |
| **NOTA: *Cenas copiosas** | >25% | 66,70% |

*Tabla 1.* Datos de porcentajes comparativos entre los rangos de perfil calórico recomendado® y el obtenido de la dieta (media de n = 147 estudiantes) para los macronutrientes (parte A) y para cada uno de los tipos de ingesta realizados (parte B), extraído de Ejeda[8].

En la *tabla 2*, se puede observar la frecuencia de consumo medio por parte de 147 alumnos respecto de las «raciones recomendadas» por grupos de alimentos según la terminología expuesta en 2010[2]. Así, implicaría que sus hábitos alimenticios presentan un exceso ligero del consumo del grupo de carnes, pescados, huevos, legumbres y frutos secos (G2/G3a), del grupo dulces y refrescos (G6b) y grasas y aceites (G7a/b); un déficit ligero del grupo lácteos y derivados (G1) y cereales y patatas (G6a/G3b), y un déficit muy acusado del grupo verduras y frutas (G4/G5). Por tanto, la mejora del consumo de lácteos, cereales, frutas y alimentos con mejores grasas es un objetivo de interés.

Por otra parte, solo en torno al 30% de los alumnos (ver *tabla 3*) realiza una dieta próxima o dentro de los límites recomendables de «dieta equilibrada y saludable». Parece pues de interés mejorar los porcentajes de alumnos que presenten una dieta saludable.

De todo ello surge nuestra propuesta comentada anteriormente de mejorar la dieta en el desayuno y potenciar la toma de media mañana como equilibradora. Así buscaremos mejorar el consumo de lácteos, cereales y frutas; disminuir los consumos de grasas saturadas y azúcares refinados (presentes en bollería industrial, falsos zumos, golosinas/*snacks* de picoteo y refrescos). Entendemos que ello mejoraría el desequilibrio del perfil de dieta e incrementaría algo la ingesta energética media diaria que, hemos visto, parece algo escasa.

[8] Ejeda, J. M. (2008). *El conocimiento sobre alimentación en la formación inicial de maestros.* Tesis doctoral (dirigida por M. Rodrigo). Madrid, UCM. [En línea], disponible en http://eprints.ucm.es/8375/1/T30669.pdf.

| | | RACIÓN RECOMENDADA® | |
|---|---|---|---|
| Grupos | Alimentos | Semanal | Diaria |
| **G1** | **Lácteos y derivados** | **14-21®** | **2-3®** |
| G1 | Leche | 7,33 | 1,14 |
| G1 | Yogurt | 2,24 | 0,40 |
| G1 | Queso | 2,58 | 0,32 |
| **G1** | **Total** | **12,15** | **1,86** |
| **G2/G3a** | **Carnes, pescados…** | **14®** | **2®** |
| G2 | Carnes | 8,5 | 1,21 |
| G2 | Pescados | 3,1 | 0,43 |
| G2 | Huevos | 1,6 | 0,25 |
| G3a | Legumbres | 1,7 | 0,21 |
| G3a | Frutos secos | 0,7 | 0,11 |
| **G2-3a** | **Total** | **15,6** | **2,21** |
| **G4** | **Verduras y hortalizas** | **7-14®** | **1-2®** |
| G4 | Verduras y hortalizas | 4,9 | 0,8 |
| G4 | Total | 4,9 | 0,8 |
| **G5** | **Frutas** | **14-21®** | **2-3®** |
| G5 | Frutas | 7,4 | 1,2 |
| **G5** | **Total** | **7,4** | **1,2** |
| **G6-G3b** | **Cereales, patatas…** | **28-35®** | **4-5®** |
| G6a | Cereales, arroz… | 16,9 | 2,5 |
| G3b | Patatas | 1,9 | 0,3 |
| G6b | Azúcar | 1,1 | 0,3 |
| G6b | Dulces | 0,9 | 0,1 |
| G6b | Refrescos / zumos | 3,4 | 0,4 |
| G6b | Alcohol | 0,2 | 0,0 |
| G6-3b | Total | 24,4 | 3,6 |
| **G7** | **Grasas y aceites** | **7®** | **1®** |
| G7 | Grasas y aceites | 5,21 | 0,61 |
| **G7** | **Total** | **5,21** | **0,61** |

*Tabla 2.* Porcentajes de ingesta media de cantidades físicas de ración comestible –semanal y diaria– (n = 147) extraído de Ejeda (2008)[8].

| Necesidades | Grupos | Raciones semanales® | % alumnos |
|---|---|---|---|
| Constructoras | **G1** | 14-21 | 24,1% |
| | **G2/G3a** | 12-15 | 29,9% |
| Reguladoras | **G4** | 7-14 | 23,0% |
| | **G5** | 14-21 | 18,4% |
| Energéticas | **G6/G3b** | 28-35 | 34,5% |
| | **G7** | 7-10 | 17,2% |

**Nota**: ® = Raciones recomendadas

*Tabla 3.* Porcentajes de alumnos que cubren las *necesidades energéticas, constructoras y reguladoras* recomendadas® para cada grupo de alimentos (n = 147) extraído de Ejeda (2008) [8].

## C) Valoración de dieta (creencias)

Los alumnos que toman conciencia crítica de sus hábitos alimenticios (sean buenos o malos) antes del curso de alimentación están en torno al 60%; después de la acción didáctica dicho porcentaje tiende a mejorar (cerca de un 75% valora adecuadamente su dieta), y es estadísticamente significativo[6]. No obstante, los alumnos que parecen más formados y con mejores condiciones de dieta suelen ser más realistas y los demás parecen más permisivos y optimistas en la valoración de su dieta[9]. Por todo ello, saber ser conscientes del tipo de dieta que se realiza sigue siendo un objetivo clave para poder mejorar y estará presente en nuestro trabajo futuro.

[9] Rodrigo, M.; Ejeda, J. M. González, M. P. y Mijancos, M. T. (2014). Cambios en la adherencia a la dieta mediterránea en estudiantes de los Grados de Enfermería y de Magisterio tras cursar una asignatura de Nutrición. *Nutrición Hospitalaria,* 30(5), pp. 1173-1180.

# La indagación como metodología para promover el aprendizaje de las competencias curriculares en física y química. Una experiencia en el máster en formación del profesorado

Iñigo Rodríguez Arteche, M.ª Mercedes Martínez Aznar

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación-C. F. P., Universidad Complutense de Madrid. C/ Rector Royo Villanova, s/n - 28040 Madrid*
inigo.rodriguez.a@gmail.com; mtzaznar@ucm.es

**Palabras clave:** Indagación, Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI), competencia científica, cambio químico, formación inicial del profesorado.

**Keywords:** Inquiry, Methodology of Problem-Solving as an Investigation (MPSI), scientific competencies, chemical change, initial teacher training.

**Resumen**

Se presenta una experiencia justificada de cómo se puede abordar una metodología indagativa, la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI), en la formación inicial del profesorado de secundaria. Debido a su novedad, se considera necesaria la reflexión de los futuros profesores sobre cómo se aprende mediante la MRPI, y para ello se requiere que resuelvan diversos problemas abiertos escolares mediante la misma. En este trabajo, se describe su resolución sobre «¿qué puede ocurrir cuando dos sustancias se ponen en contacto?», analizándose cómo su diseño permite abordar las competencias requeridas sobre cambios físicos y químicos. Finalmente, se presenta un estudio preliminar sobre la visión de los estudiantes de máster respecto a la aplicabilidad de la MRPI a Educación Secundaria.

**Abstract**

This article describes a grounded experience about how to work with an inquiry-based methodology during initial secondary education teacher training. We have considered the Methodology of Problem-Solving as an Investigation (MPSI), and because of its novelty, future teachers were asked to solve a number of school open-ended problems by using it, in order to promote reflection on its characteristics. This work describes their resolution about «what might happen when two substances are placed into contact with each other?». In addition, we provide an analysis about the suitability of this problem in order to deal with the curricular competencies about physical and chemical changes. Finally, a preliminary study about the master's students' views on the strengths and weaknesses of the MPSI is presented.

## INTRODUCCIÓN

Las últimas reformas educativas desde la LOGSE vienen reclamando un cambio de paradigma en el sistema escolar español, demandando una transición desde el trabajo sobre *contenidos* hacia la adquisición de *competencias* por parte de los escolares. Por ello, al igual que en otros ámbitos, la comunidad dedicada a la enseñanza de las ciencias debe plantearse una serie de reflexiones. ¿La forma en que enseñamos ciencias satisface las necesidades de nuestros estudiantes? ¿Qué tipo de imagen estamos dando sobre la naturaleza de la ciencia? ¿Resultan motivadoras las ciencias para el alumnado? Responder las cuestiones anteriores no es tarea fácil, pero es cierto que los datos manejados a nivel europeo nos alertan de un número decreciente de estudiantes que se inclinan por cursar estudios universitarios científicos[1]. Por otra parte, la evaluación externa de la adquisición de competencias matemáticas y científicas por parte de los escolares españoles, a través del programa PISA, proporciona una imagen negativa de nuestro sistema educativo[2].

¿Qué estamos haciendo mal? En relación con esta misma reflexión, la Comisión Europea promovió una serie de reuniones para analizar el panorama de la educación científica y proponer mejoras. Fruto de este trabajo, se elaboró un documento conocido como «Informe Rocard»[3]. En primer lugar, este trabajo explica que, a pesar de la curiosidad natural de los alumnos de Primaria hacia la ciencia y la tecnología, muchos de sus profesores se sienten incómodos con estas asignaturas, y a menudo centran la docencia fundamentalmente en la memorización. Ya en la Educación Secundaria, los alumnos sienten la necesidad de comprobar la relevancia de las asignaturas en relación con su propio mundo y la sociedad, pero desgraciadamente a menudo no se incide en estas interrelaciones, provocando una disminución de su interés. Por estos motivos, el mencionado Informe Rocard expone que: «una reorientación de la pedagogía de la enseñanza de las ciencias en las escuelas, introduciendo los métodos basados en la investigación, permitiría aumentar el interés de los estudiantes por las ciencias» (p. 105). En este sentido, este documento también propone que una combinación del método basado en la investigación con el enfoque deductivo más tradicional permitiría mejorar los niveles competenciales del alumnado, promoviendo a su vez la motivación del *profesorado*, el «agente clave» para la renovación de la educación científica.

## LA INDAGACIÓN COMO METODOLOGÍA PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

En los últimos años, los métodos investigativos propuestos en el Informe Rocard se vienen englobando en el enfoque basado en la *indagación*. Existe un cierto debate sobre lo que conlleva esta metodología, en la que se incluyen variantes dependientes de la ayuda que proporciona el profesor a los estudiantes, o del tipo de actividades propuestas. Sin embargo, para clarificar a los lectores una visión comúnmente aceptada en la comunidad dedicada a la didáctica de las ciencias, consideraremos la siguiente propuesta de Linn, Davis y Bell[4] acerca de las características que conlleva la *indagación*: «el proceso intencional de diagnóstico de problemas, la crítica de los experimentos y distinción de alternativas, la planificación de las investigaciones, la investigación de conjeturas, la búsqueda de información, la construcción de modelos, el debate con los compañeros y la construcción de argumentos coherentes» (p. 4).

---

[1] OECD (2006). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies*, [en línea], disponible en http://www.oecd.org/dataoecd/16/30/36645825.pdf [consultado el 31/05/2016].

[2] MECD (2013). *PISA 2012. Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. Informe español. Volumen I: resultados y contexto*, [en línea], disponible en http://www.mecd.gob.es/dctm/inee/internacional/pisa2012/pisa2012lineavolumeni.pdf?documentId=0901e72b81786310 [consultado el 31/05/2016].

[3] ROCARD, M.; CSERMELY, P.; JORDE, D.; LENZEN, D.; WALWERG-HENRIKSSON, H. y HEMMO, V. (2008). Enseñanza de las ciencias ahora: una nueva pedagogía para el futuro de Europa. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 55, pp. 104-117.

[4] LINN, M. C.; DAVIS, E. A. y BELL, P. (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates, p. 4.

Una de las metodologías incluidas en el enfoque indagativo es el aprendizaje mediante resolución de problemas (*Problem-Based Learning*, PBL), que será el método que analizaremos en el presente artículo. El trabajo con PBL requiere un diseño de las actividades como problemas *auténticos*, o *verdaderos*, que según Jiménez-Aleixandre[5] están caracterizados por: *i)* constituir problemas, no preguntas retóricas con soluciones obvias, *ii)* poseer un grado de apertura que posibilite respuestas variadas, *iii)* favorecer que los estudiantes tomen parte en prácticas científicas (formular hipótesis, contrastarlas con pruebas, controlar variables, elaborar o utilizar modelos teóricos, etc.).

En coherencia con este planteamiento, y para promover un cambio en la forma de enseñar ciencias en Secundaria, se ha decidido trabajar de forma práctica y reflexiva con una metodología PBL en el Máster en Formación del Profesorado. El método a abordar se denomina Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI), que viene siendo objeto de investigación de nuestro departamento en las últimas décadas. En este sentido, los estudios realizados para el contexto de Secundaria[6, 7] y en la formación inicial de maestros[8] han arrojado resultados muy satisfactorios en lo referente al aprendizaje conceptual y procedimental en física, química o biología, así como para el desarrollo de actitudes favorables hacia la ciencia y su aprendizaje.

La MRPI, un ejemplo de metodología indagativa, consta de cinco fases que reflejan la forma en que los científicos trabajan en sus equipos. Precisamente, esta última es una de las características distintivas de la MRPI, un *trabajo cooperativo* que se enriquece notablemente a través de las aportaciones de los distintos integrantes de un equipo, y máxime en este tipo de actividades abiertas[9]. La *figura 1* representa las fases de esta metodología, que deben entenderse de forma cíclica para resolver problemas de naturaleza experimental y de tipo «lápiz y papel». Para una mejor comprensión de estas fases, pueden consultarse otros trabajos de nuestro grupo donde estas vienen ejemplificadas por diversas producciones de los escolares[10]. No obstante, por completitud cabe destacar la importancia que la MRPI otorga a la elaboración de marcos teóricos (sobre conceptos y modelos) y a la emisión de hipótesis como guía para la resolución de los problemas. De esta forma, esta metodología indagativa permitiría abordar tanto la comprensión procedimental como la conceptual, un aspecto demandado por la comunidad dedicada a la didáctica de las ciencias.

Por otra parte, resulta fundamental distinguir una metodología de aprendizaje a través de problemas como la MRPI del «aprendizaje por descubrimiento», ya que la labor de *andamiaje* por parte del profesor resulta ineludible, ya sea a través de la formulación de preguntas o de la proporción de información en momentos adecuados[11]. Además, el formador debe promover que los estudiantes *verbalicen* los procesos seguidos, favoreciendo así el desarrollo de habilidades metacognitivas.

---

[5] Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona, Editorial Graó.

[6] Ibáñez, M. T. y Martínez-Aznar, M. M. (2005). Solving problems in genetics (II): Conceptual restructuring. *International Journal of Science Education*, 27 (12), pp. 1495-1519.

[7] Bárcena, A. I. (2015). *Estudio de la influencia de una metodología investigativa de resolución de problemas en el aprendizaje de la química en alumnos de bachillerato*. Madrid, Tesis Doctoral UCM, [en línea], disponible en http://eprints.ucm.es/30524/1/T36151.pdf. [consultado el 31/05/2016].

[8] Martínez-Aznar, M. M. y Varela, M. P. (2009). La resolución de problemas de energía en la formación inicial de maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 27 (3), pp. 343-360.

[9] English, M. C. y Kitsantas, A. (2013). Supporting student self –regulated learning in problem– and project-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7 (2), pp. 128-150.

[10] Rodríguez-Arteche, I.; Martínez-Aznar, M. M. y Garitagoitia, M. A. (2016). La competencia sobre planificación de investigaciones en 4.º de ESO: un estudio de caso. *Revista Complutense de Educación*, 27 (1), pp. 329-351.

[11] Hmelo-Silver, C. E.; Duncan, R. G. y Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller and Clark. *Educational Psychologist*, 42 (2), pp. 99-107.




*Figura 1*. Etapas de la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI).

Con estos ingredientes, esta comunicación pretende justificar la conveniencia de trabajar expresamente metodologías indagativas como la MRPI en la formación inicial del profesorado. Como se ha comentado, existe un gran número de investigaciones que dan cuenta de las ventajas que estas suponen para el aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, una tradición escolar mayoritariamente transmisiva o «tradicional» dificulta que el profesorado se anime a utilizar estrategias de enseñanza diferentes a las vividas durante años. Además, se vienen detectado una serie de creencias negativas sobre las metodologías indagativas, como el creer que son difíciles de gestionar, que no se dispone de materiales adecuados, que están pensadas para el alumnado «bueno» o que consumen mucho tiempo[12]. Por todo ello, este trabajo asume la necesidad de proporcionar vivencias de aprendizaje a través de la indagación al futuro profesorado, actividades que conlleven un cambio en los roles tradicionales de alumnos y profesores, y que permitan hacerles ver sus ventajas para conseguir un aprendizaje significativo y motivador en ciencias.

## Finalidad del trabajo

Esta comunicación pretende dar a conocer una experiencia de trabajo con la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI) en la asignatura de Didáctica de la Química del Máster en Formación del Profesorado de Secundaria (MFPS). Nos proponemos los siguientes objetivos:

1. Describir cómo se puede introducir la MRPI (un ejemplo de metodología indagativa) en la formación inicial del profesorado de física y química con la intención de promover su uso posterior. Igualmente, se pretende justificar que un diseño adecuado de los problemas abiertos posibilita un trabajo adecuado sobre las competencias curriculares.
2. Analizar las creencias de los futuros profesores respecto a la aplicabilidad de la MRPI a Educación Secundaria, al término de la formación en la asignatura de Didáctica de la Química.

[12] COLBURN, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope*, 23 (6), pp. 42-44.

## Objetivo 1: descripción del trabajo con la MRPI por parte del futuro profesorado

Este trabajo se enmarca en la asignatura de Didáctica de la Química del MFPS en la Universidad Complutense de Madrid (curso 2015/16), correspondiente a la especialidad de Física y Química y que cuenta con cinco créditos ECTS. La asignatura se plantea a partir de la resolución de *problemas profesionales* a los que deberá enfrentarse el futuro profesorado, como pueden ser «¿qué deberían saber y ser capaces de hacer los profesores de Física y Química?» o «¿cómo se pueden diseñar y evaluar actividades para una Unidad Didáctica?». De esta forma, se parte de las creencias de los estudiantes de máster y se trabaja en grupos cooperativos (con al menos un físico y un químico) para resolver estos problemas. El producto final de la asignatura son Unidades Didácticas (UD) escolares para la ESO o Bachillerato elaboradas por los futuros profesores, que deben plasmar el trabajo y las reflexiones realizadas a lo largo del curso.

Una seña distintiva de la asignatura es que durante la resolución de los problemas profesionales, los formadores realizan *ejemplificaciones* de las UD de corte constructivista (que parten de las concepciones alternativas en física y química y se desarrollan a partir de metodologías activas de aprendizaje). Así, y en relación con el problema profesional acerca del diseño de actividades escolares, se considera la necesidad de que los futuros profesores cuenten con experiencias de aprendizaje a través de alguna metodología indagativa (que en nuestro caso será la MRPI). De esta forma, se pretende que *asumiendo el rol de sus futuros alumnos*, los estudiantes de máster reflexionen acerca de las características del aprendizaje a través de la MRPI, sobre el rol que asumen los formadores de didáctica (su futuro rol) y, en definitiva, sobre las ventajas o desventajas de la MRPI respecto a otras metodologías de carácter transmisivo o tradicional. Para todo ello, los profesores de la asignatura introducen un ejemplo de Unidad Didáctica ajustada al currículo de 3.º de ESO, «Cambio y diversidad en la naturaleza». Esta UD se desarrolla a partir de una secuencia de situaciones problemáticas abiertas, mostradas en la *tabla 1*, que deberán ser resueltas por los futuros profesores tras un entrenamiento previo con la MRPI. En el presente artículo consideraremos el primero de estos problemas abiertos: «¿qué puede ocurrir cuando dos sustancias se ponen en contacto?»[13], que trata la temática de cambios físicos y químicos.

| Situaciones problemáticas abiertas consideradas en la UD «Cambio y diversidad en la naturaleza» |
|---|
| **¿Qué puede ocurrir…** |
| … cuando dos sustancias se ponen en contacto? |
| … cuando a una sustancia se le añade agua? |
| … cuando se calienta una sustancia? |
| … cuando una sustancia se pone en contacto con la corriente eléctrica? |

*Tabla 1.* Situaciones problemáticas abiertas de la Unidad Didáctica ejemplificada, que deberán resolverse mediante la MRPI.

### ¿Cómo se relaciona la resolución de un problema a través de la MRPI con la adquisición de las competencias curriculares en física y química?

Como se ha sugerido previamente, el *diseño* de las situaciones problemáticas abiertas juega un papel fundamental en la MRPI, debiendo contemplar posibles concepciones alternativas de los estudiantes, así

13 Rodríguez-Arteche, I. y Martínez-Aznar, M. M. (2016). Introducing inquiry-based methodologies during secondary education teacher training using an open-ended problem about chemical change. Journal of Chemical Education, 93 (9), pp. 1528-1535.

como formas de *andamiaje* para guiar su resolución y facilitar el desarrollo de las competencias deseadas[14]. En este trabajo, describiremos cómo uno de los cuatro problemas de la Unidad Didáctica, «¿qué puede ocurrir cuando dos sustancias se ponen en contacto?», permite trabajar los requerimientos competenciales del currículo de Física y Química[15], en términos de «indicadores de evaluación» y «estándares de aprendizaje evaluables». La *tabla 2* contiene las competencias que permiten abordar este problema abierto, correspondientes al bloque 3 del currículo de 2.º y 3.º de ESO: «Los cambios».

Antes de pasar a justificar los aspectos curriculares del problema, debemos explicar cómo se planteó la situación problemática a los estudiantes del máster. En primer lugar se proporcionó el enunciado del problema, sin indicar el tipo de sustancias con que iban a trabajar en una sesión posterior de laboratorio de 90 minutos. De esta forma, los futuros profesores tuvieron que desarrollar las tres primeras fases de la MRPI (planificación) antes de dicha sesión, contemplando distintas posibilidades para las sustancias del problema: sólido-sólido, sólido-líquido, líquido-líquido, etc.

| Bloque 3. Los cambios | | |
|---|---|---|
| **Contenidos** | **Criterios de Evaluación** | **Estándares de aprendizaje evaluables** |
| **Cambios físicos y cambios químicos**<br>**La reacción química**<br>**Cálculos estequiométricos sencillos**<br>**Ley de conservación de la masa** | **1.** Distinguir entre cambios físicos y químicos mediante la realización de experiencias sencillas que pongan de manifiesto si se forman o no nuevas sustancias. | **1.1.** Distingue entre cambios físicos y químicos en acciones de la vida cotidiana, en función de que haya o no formación de nuevas sustancias.<br>**1.2.** Describe el procedimiento de realización de experimentos sencillos en los que se ponga de manifiesto la formación de nuevas sustancias y reconoce que se trata de cambios químicos. |
| | **2.** Caracterizar las reacciones químicas como cambios de unas sustancias en otras. | **2.1.** Identifica cuáles son los reactivos y los productos de reacciones químicas sencillas, interpretando la representación esquemática de una reacción química. |
| | **3.** Describir a nivel molecular el proceso por el cual los reactivos se transforman en productos. | **3.1.** Representa e interpreta una reacción química a partir de la teoría cinético-molecular. |
| | **4.** Deducir la ley de conservación de la masa y reconocer reactivos y productos a través de experiencias sencillas en el laboratorio y/o de simulaciones por ordenador. | **4.1.** Reconoce cuáles son los reactivos y los productos a partir de la representación de reacciones químicas sencillas, y comprueba experimentalmente que se cumple la ley de conservación de la masa. |
| | **5.** Comprobar mediante experiencias sencillas de laboratorio la influencia de determinados factores en la velocidad de las reacciones químicas. | **5.1.** Propone el desarrollo de un experimento sencillo que permita comprobar experimentalmente el efecto de algún factor en la velocidad de formación de los productos de una reacción química, justificándolo en términos de la teoría de colisiones. |

*Tabla 2.* Aspectos del currículo de 2.º y 3.º de ESO que permiten trabajar el problema abierto «¿qué puede ocurrir cuando dos sustancias se ponen en contacto?».

Ya una vez en el laboratorio se les proporcionaron dos sustancias blancas y cristalinas identificadas como «A» y «B». De esta forma, los futuros profesores tuvieron que concretar sus estrategias previas y proceder a resolver el problema, para lo que se les facilitó material sencillo de laboratorio como el mostrado

[14] HMELO-SILVER, DUNCAN y CHINN (2007), pp. 99-107.

[15] R. D. 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

en la *figura 2* (aunque los estudiantes podían acceder a más material disponible en los laboratorios de la facultad).



*Figura 2.* Propuesta mínima de materiales para resolver el problema abierto.

Las sustancias proporcionadas (desconocidas para ellos) fueron nitrato de plomo (II), $Pb(NO_3)_2$, y yoduro de potasio, KI. Estas sustancias dan lugar a una reacción a la que se recurre con frecuencia en la enseñanza de la química, ya que se puede analizar fácilmente en términos de color y solubilidad. Sin embargo, la actividad aquí se plantea de una forma «diferente», como una situación problemática abierta ajustada a las competencias de la *tabla 2*. A continuación describiremos la relación de este problema con el currículo, así como algunas posibles preguntas a realizar por el profesor a modo de *andamiaje*, para activar el trabajo sobre estos contenidos.

### A) Distinción entre cambios físicos y químicos: propiedades características de las sustancias y reversibilidad del proceso como indicadores (criterios curriculares 1 y 2)

Inicialmente, una mayoría de los estudiantes de máster propuso poner las sustancias en contacto en disolución, ya que es la forma habitual en que se promueven las reacciones químicas. Sin embargo, ello implicaría la introducción de una tercera sustancia (el agua), por lo que no sería una propuesta acorde al enunciado. En este punto, a través de cuestiones como «si utilizáis agua, ¿no estaríais poniendo tres sustancias en contacto?; ¿hay alguna alternativa?», el formador puede hacer reflexionar a los estudiantes sobre la presencia del mortero y la posible puesta en contacto en estado sólido.

Debido a la naturaleza higroscópica del KI, la utilización del mortero da lugar a un cambio de color en la muestra, de blanco a amarillo. «Pero ¿el color implica necesariamente un cambio químico?». Con este tipo de preguntas se puede sugerir que los estudiantes comprueben sus hipótesis con el material disponible. En este sentido, un criterio útil puede ser el análisis de un posible cambio en las propiedades características (puntos de fusión, solubilidades, reactividad, etc.). En este problema abierto es posible recurrir a la solubilidad, ya que las sustancias iniciales son solubles en agua pero uno de los productos (el yoduro de plomo (II), $PbI_2$) no lo es, lo que implica la ocurrencia de una reacción. Además, a diferencia de cambios físicos como los cambios de estado, el cambio sucedido es irreversible (se trata de una reacción química completa, como las consideradas en estos niveles escolares). Por ello, si se intenta volver a recuperar las sustancias iniciales, por ejemplo, a través de una técnica de separación de mezclas, esto no va a ser posible.

### B) Representaciones microscópica y simbólica de una reacción. Ley de conservación de la masa (criterios curriculares 2, 3 y 4)

Un primer aspecto que podría trabajarse es el nivel de representación simbólico, para abordar el número de productos obtenidos y la presencia de un reactivo en exceso. Para ello, el profesor podría sugerir:

«si partimos de dos sustancias A y B, ¿qué tendremos al final?». De esta forma, algunas de las propuestas iniciales en nuestra experiencia fueron:

$$A_{(s)} + B_{(s)} \rightarrow C_{(s)} \qquad A_{(s)} + B_{(s)} \rightarrow C_{(s)} + D_{(s)}$$

Este es un buen momento para que el formador sugiera: «¿no tendríamos nada más que C, o que C y D?». Con ello, se pretende activar el conocimiento de los futuros profesores acerca de los reactivos limitante y excedente, y que surjan nuevas propuestas como:

$$A_{(s)} + B_{(s)} \rightarrow C_{(s)} + A_{(s)}/B_{(s)} \qquad A_{(s)} + B_{(s)} \rightarrow C_{(s)} + D_{(s))} + A_{(s)}/B_{(s)}$$

Estas últimas representaciones fueron consideradas como «más probables» por los futuros profesores, ya que el problema no considera proporciones estequiométricas. En este punto, los estudiantes pueden intentar determinar las sustancias intervinientes en la actividad, por comparación con información disponible en libros o en la red, además de comprobar experimentalmente cuáles son los reactivos limitante y excedente[16].

Por otra parte, el análisis del problema requiere realizar representaciones microscópicas para interpretar lo ocurrido, y para ello habría que recurrir a un modelo escolar como el Atómico de Dalton. Nuestra propuesta en este caso consiste en partir de estas representaciones para comprender la ecuación química ajustada del proceso. Para ello, se puede comenzar por representar «situaciones microscópicas particulares», como se indica en la *figura 3*, para llegar a situaciones concretas tras el proceso de reacción (considerando la ley de conservación de la masa). Ello daría lugar a la ecuación química correspondiente, por medio de un procedimiento centrado en la interpretación química y no en la meramente matemática.

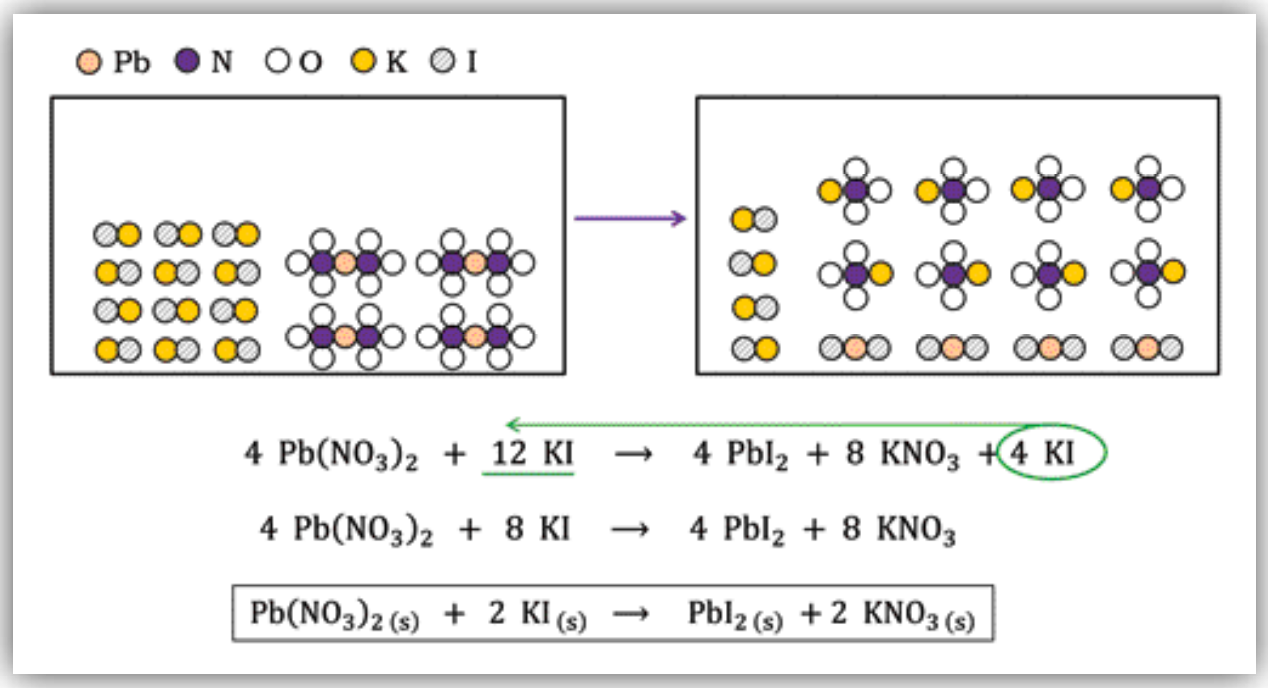



*Figura 3.* Ajuste de la ecuación química a partir de una situación microscópica particular, considerando la conservación de la masa y los estados de la materia.

[16] Al añadir agua a las sustancias finales, el $PbI_2$ no se disuelve, mientras que el $KNO_3$ (el otro producto) y el reactivo excedente sí lo hacen. Tras filtrar el $PbI_2$, en las aguas madres estará contenido el reactivo excedente. Si en partes alícuotas se añaden los reactivos, la reacción se producirá al añadir el limitante.

### C) Velocidad de las reacciones químicas: superficie de contacto (criterio curricular 5)

Un aspecto relacionado con el contacto en estado sólido sobre el que conviene volver es el cinético relacionado con la superficie de contacto. Los estudiantes de máster comenzaron a poner en contacto las dos sustancias sólidas de distintas formas. Algunos introdujeron pequeñas cantidades de «A» y «B» en un tubo de ensayo, y al no percibir ningún cambio afirmaron: «no pasa nada». Sin embargo, otros estudiantes comenzaron a percibir el cambio de color mencionado tras agitar el tubo de ensayo, cambio que percibieron aún más claramente aquellos que optaron por utilizar un mortero. De esta forma, estos procedimientos diferentes favorecen una reflexión sobre la influencia de factores como la superficie de contacto o el tiempo en la reacción entre «A» y «B».

## Objetivo 2: estudio preliminar de la visión de los futuros profesores respecto a la MRPI

Uno de los instrumentos que estamos utilizando para recabar la visión de los estudiantes de máster respecto a la aplicabilidad de la MRPI en secundaria, al término de la asignatura, es un cuestionario Likert con 14 ítems que deben valorarse en una escala del 1 (visión más negativa) al 5 (visión más positiva). Este cuestionario hace referencia a las dimensiones de «alumnado», «currículo», «profesorado» y «transposición de la MRPI a otros contextos». En el curso 2015/16, el cuestionario ha sido cumplimentado por 24 futuros profesores que han cursado el MFPS.

En cuanto a las *fortalezas* de la metodología, se destacan las siguientes: *a*) su ayuda en la familiarización con procedimientos científicos de trabajo ($\bar{x} = 3{,}92$; $\sigma = 0{,}78$); *b*) la capacitación del alumnado para resolver problemas que en principio les resulten desconocidos ($\bar{x} = 3{,}83$; $\sigma = 1{,}20$), *c*) la apertura de nuevas perspectivas e interés en el alumnado hacia la química o las ciencias en general ($\bar{x} = 3{,}71$; $\sigma = 0{,}75$), y *d*) la relevancia del papel del profesor durante la resolución de los problemas abiertos ($\bar{x} = 3{,}63$; $\sigma = 1{,}17$). Por el contrario, las *debilidades* señaladas en mayor media fueron las siguientes: *i*) su dificultad ($\bar{x} = 1{,}88$; $\sigma = 0{,}99$); *ii*) su ayuda escasa para la resolución de «problemas cerrados», como los de los libros de texto ($\bar{x} = 2{,}38$; $\sigma = 1{,}01$), y *iii*) la dificultad para ser transferida a problemas de «lápiz y papel» ($\bar{x} = 2{,}54$; $\sigma = 1{,}02$).

## Reflexiones finales

En este artículo se ha presentado una propuesta para trabajar la *indagación* en la formación inicial del profesorado, haciendo hincapié en cómo un buen *diseño* de los problemas abiertos permite un trabajo satisfactorio sobre las competencias específicas del currículo. En este sentido, dado que una de las creencias negativas señaladas sobre estas metodologías es el tiempo que pueden consumir, creemos haber justificado cómo a su vez estas pueden contribuir a un trabajo simultáneo sobre un gran número de competencias, muchas de ellas transversales como la comunicativa o la de «aprender a aprender». Por otra parte, debido al cambio de roles que suponen este tipo de metodologías, donde los estudiantes pasan a ser protagonistas de su aprendizaje y los profesores son los guías o facilitadores del proceso, creemos necesario defender que el futuro profesorado pueda vivir en primera persona las características de estos métodos indagativos, que no abundan en la cultura escolar tradicional. Además, consideramos de especial importancia que los estudiantes observen el rol real de los profesores de didáctica durante la resolución de los problemas, un papel que al contrario de lo que puede pensarse implica un trabajo mayor que en las metodologías transmisivas[17].

[17] Crawford, B. A. (2000) Embracing the Essence of Inquiry: New Roles for Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (9), pp. 916–937.

Finalmente, a pesar de que los futuros profesores identifiquen toda una serie de fortalezas acerca de la MRPI, el hecho de que no se encuentren valores superiores a 4,0 en la escala de Likert, junto con una serie de debilidades detectadas (fundamentalmente su dificultad), parecen sugerir la necesidad de ofrecer un mayor número de oportunidades para que el futuro profesorado se familiarice aún más con el enfoque indagativo. De hecho, otros estudios que estamos llevando a cabo señalan que el alumnado de secundaria valora el trabajo con la MRPI de forma más positiva, en términos de significatividad estadística.

# Demostraciones prácticas de análisis químico para 4.º ESO

Noelia Rosales Conrado, María Eugenia de León González,
Luis Vicente Pérez Arribas

*Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias Químicas*
*Universidad Complutense de Madrid. Avda. Complutense, s/n - 28040 Madrid*
noerosales@quim.ucm.es

**Palabras clave:** Educación Secundaria Obligatoria, experiencias educativas, química, actividades de laboratorio, método científico.

**Keywords:** Secondary school, educational experiences, chemistry, laboratory activities, scientific method.

**Resumen**

En el marco del programa 4.º ESO+empresa de la Comunidad de Madrid se desarrollan diferentes actividades prácticas para acercar a los alumnos de Educación Secundaria a la filosofía del trabajo científico general y a la química analítica en particular. Con el desarrollo de estas actividades se pretende que los alumnos adquieran las actitudes y las aptitudes propias del trabajo científico y que reflexionen sobre el papel de la ciencia en la sociedad. Se proponen experimentos sencillos relacionados con el análisis químico que utilizan reactivos fáciles de obtener en un intento de aproximar la química a los productos que utilizamos en la vida cotidiana.

**Abstract**

On the basis of the Comunidad de Madrid 4.º ESO+empresa program, different experimental activities are focused on Secondary school students in order to familiarize themselves with the scientific method and, particularly, with analytical chemistry. The development of these activities could provide scientific aptitudes. In addition, students could think about the science role in society. Simply experiments related to chemical analysis are proposed. Some of them involves easily accessible chemicals to approach chemistry to daily life.

## Introducción

4.º ESO+empresa es un programa educativo de la Comunidad de Madrid dirigido a los alumnos que cursan 4.º de Educación Secundaria Obligatoria. Este programa tiene el estatus de actividad extraescolar y consiste en una estancia educativa voluntaria en empresas e instituciones durante 3, 4 o 5 días lectivos consecutivos para brindar a los alumnos la oportunidad de enriquecer su curriculum, aproximarles al

mundo laboral y darles la oportunidad de realizar la toma de decisiones sobre sus estudios futuros más ajustada a sus expectativas profesionales, motivándolos y dotándolos de las destrezas necesarias. Este programa es una buena oportunidad para que los alumnos puedan poner en práctica los conocimientos adquiridos en el aula y para aproximarles a los entornos tecnológico, económico y profesional.

El programa se inició en el año 2007 con 2 centros participantes y ha tenido una acogida cada vez mayor por parte de los agentes implicados. Así, en el curso 2014-2015 contó con la participación de 247 centros educativos, 4855 empresas e instituciones y 11 323 alumnos, lo que supuso un 57% de los alumnos matriculados en 4.º ESO en los centros inscritos y un 40% del total de alumnos matriculados en 4.º ESO en la Comunidad de Madrid[1].

Desde hace varios años, el Departamento de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid ha apostado por el programa como una plataforma para dar a conocer su actividad entre los jóvenes estudiantes madrileños y, sobre todo, para que los alumnos se aproximen al método científico, a la ciencia en general y a la química analítica en particular. Se pretende que los alumnos, durante la estancia educativa en el departamento, utilicen el método científico y basen sus conclusiones en lo observado y en su interpretación teniendo en cuenta un marco teórico (equilibrio ácido-base, oxidación-reducción, reacciones de precipitación, de formación de complejos, de polimerización, etc.). Así, se hace hincapié en que la ciencia interpreta la realidad y no la representa como una verdad absoluta e incuestionable, y también en que el progreso científico está íntimamente relacionado con las necesidades de la sociedad.

## Actividades prácticas de laboratorio y su empleo en la enseñanza de la química al nivel de 4.º ESO

En el marco del programa educativo 4.º ESO+empresa se proponen experimentos sencillos que implican desde la separación mediante cromatografía en papel de los diferentes componentes de las tintas de bolígrafos a la determinación semicuantitativa del contenido de vitamina C en diversos zumos de frutas.

También se incluyen experimentos más relacionados con el análisis químico, como ensayos cualitativos de formación de complejos coloreados con diferentes iones en disolución y de coloración a la llama de disoluciones de diferentes iones metálicos.

Con el fin de aproximar a los estudiantes a los diferentes métodos de medida empleados en química analítica se recurre a la medida de pH en líquidos de productos caseros y se utilizan colorantes químicos, papel pH y medidas con electrodo selectivo. El objetivo de estos experimentos es que los estudiantes evalúen las ventajas y los inconvenientes de cada uno de los procedimientos y relacionen los cambios en los colores de los indicadores químicos con el equilibrio químico.

A continuación, se describen algunos de los experimentos de química propuestos a los alumnos de 4.º ESO, indicando resumidamente las etapas para su realización y algunos de los fundamentos científicos que conviene comentar y discutir con los alumnos.

### 1. Cromatografía: los colores del «boli»

Cuando escribimos en un papel, lo hacemos con bolígrafo azul o negro y cuando queremos resaltar algo de lo escrito, subrayamos con bolígrafos de otros colores, casi siempre rojo o verde. Siempre hemos pensado que las tintas de estos bolígrafos son de un solo color, pero la realidad es muy distinta, ya que cada uno de los colores está formado por una mezcla de varios pigmentos, ligeramente diferentes de-

[1] 4ESO+empresa (2016). EducaMadrid, Consejería de Educación, Juventud y Deporte de la Comunidad de Madrid, disponible en http://www.educa2.madrid.org/web/4eso-empresa/inicio [consultado el 29/06/2016].

pendiendo de la marca. Para descubrir de qué colores están hechas las tintas de nuestros bolígrafos se realiza un experimento basado en el análisis cromatográfico que consiste en separar cada uno de estos colores en los pigmentos que lo forman.

Se corta una tira rectangular de papel de filtro de una longitud casi igual a la altura del vaso de precipitados y de una anchura inferior al diámetro de este (para un vaso de 250 mL las dimensiones de la tira serían de 6 x 9 cm). A un centímetro, aproximadamente, de uno de los bordes se dibujan puntos gruesos con rotuladores o bolígrafos de colores, uno por cada color que queramos investigar (*figura 1a*). A continuación, se pega el otro extremo de la tira a una varilla o alambre, de forma que este haga de «percha» del papel. Seguidamente, se introduce la tira en el vaso de precipitados al que previamente se habrá añadido una mezcla de metanol que contiene un 20% de agua, en cantidad suficiente para que pueda tocar y humedecer la tira, pero procurando que quede por debajo de los puntos de colores dibujados en el papel (*figura 1b*). Poco a poco, la mezcla de metanol y agua ascenderá en la tira por capilaridad y al llegar a los puntos de colores arrastrará los componentes de las tintas. Se verá cómo, por cada uno de los puntos originales, van apareciendo en el papel unas bandas de diversos colores (*figura 1c*).

La explicación de lo que ha ocurrido es que la mezcla de metanol y agua disuelve las tintas y a medida que asciende por el papel las arrastra hacia arriba, pero no todos los componentes se mueven a igual velocidad, llegando a separarse unos de otros. Los resultados cromáticos son distintos según la composición de las tintas, por lo que se pueden esperar resultados distintos a partir de diferentes marcas de bolígrafo.

Al finalizar el experimento, los alumnos se pueden llevar el cromatograma resultante (*figura 1d*), que es como se llama técnicamente el trozo de papel con los colores separados.

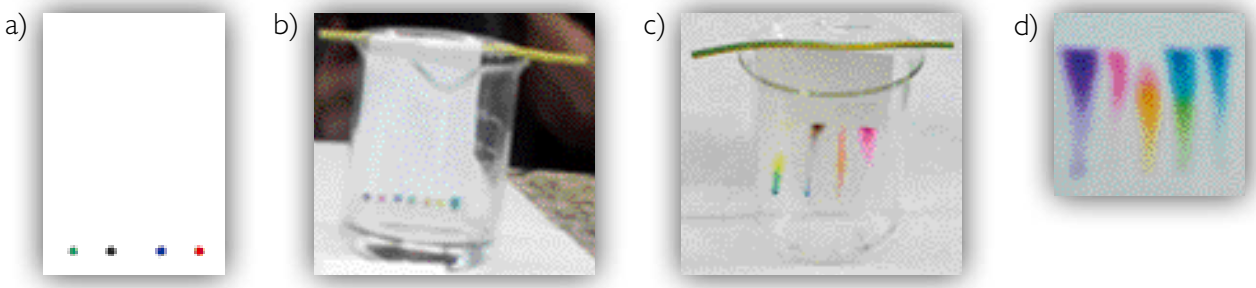



*Figura 1*. Procedimiento y resultados del experimento de separación cromatográfica.

## 2. «Observando» el contenido de vitamina C

La vitamina C es una vitamina hidrosoluble sensible al calor. Este nutriente esencial es creado internamente por casi todos los organismos, siendo los humanos una considerable excepción. La vitamina C es un potente antioxidante ampliamente utilizado como aditivo alimentario y es que, además de estimular las defensas naturales, contribuye a la formación y conservación de huesos y dientes, así como a la cicatrización de heridas y tejidos.

A través de un sencillo experimento semicuantitativo, se puede comparar el contenido relativo de vitamina C y clasificar las frutas, zumos y bebidas desde el contenido más alto al más bajo.

El primer paso consiste en preparar una disolución indicadora del contenido de vitamina C. Para ello, se debe mezclar una cucharada de almidón de maíz con suficiente agua hasta formar una pasta. Una vez formada, se añaden unos 250 mL de agua y se hierve durante 5 minutos. Se toman 10 gotas de la disolución de almidón a 75 mL de agua y se añaden una o dos gotas de una disolución de yodo en alcohol hasta que se observa la aparición de un color azul oscuro. Una vez preparada la disolución indicadora se puede comenzar el análisis (*figura 2a*).

Se añaden 5 mL de la disolución indicadora a un tubo de ensayo (*figura 2b*) y 10 gotas del zumo de fruta o de la bebida a estudiar. Se agita el tubo suavemente y se compara el color de la mezcla frente a un fondo blanco. El procedimiento se repite con todas las bebidas seleccionadas y, finalmente, se organizan los tubos en orden del color más claro al más oscuro (*figura 2c*). Para los tubos más claros significa que mayor será el contenido de vitamina C.

Esta experiencia se basa en la reacción clásica de yodo con almidón[2]. El almidón es un hidrato de carbono de origen vegetal capaz de formar con el yodo un complejo de color azul violáceo (disolución indicadora).

Al reaccionar este complejo con la vitamina C (ácido ascórbico) presente en las bebidas, la disolución indicadora pierde el color. Esto se debe a que la vitamina C en presencia de la disolución de yodo se oxida a ácido deshidroascórbico, mientras que la capacidad reductora de la vitamina C hace que el yodo se reduzca a yoduro y es que el almidón, que se torna azul en presencia de yodo, es incoloro en contacto con yoduro.

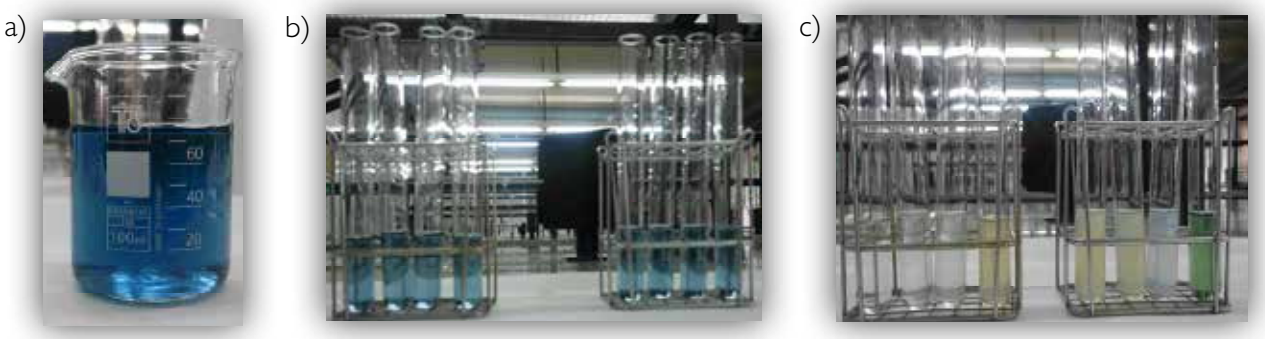



*Figura 2.* Determinación semicuantitativa del contenido de vitamina C en zumos de frutas.

## 3. ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN DE METALES

Esta experiencia está más relacionada con el análisis químico e introduce a los alumnos en ensayos analíticos cualitativos que pueden permitir la identificación de especies metálicas. Mediante reacciones de formación de complejos y/o precipitación se pueden identificar cationes metálicos en disolución como el hierro(III), níquel(II) y cobre(II). También se pueden llevar a cabo ensayos de coloración de metales en una llama que permiten identificar el metal en cuestión en función del color de la llama que produce.

La identificación de hierro(III) se basa en su reacción con el anión sulfocianuro ($SCN^-$). El hierro, en estado de oxidación (+3), es incoloro en disolución. Sin embargo, cuando se encuentra en medio ácido y en presencia de sulfocianuro, forma complejos que presentan un intenso color rojo (rojo sangre)[3], lo que se puede resumir en:

$$Fe^{3+} + SCN^- \leftrightarrows Fe(SCN)_2^+ + Fe(SCN)^{2+} + Fe(SCN)_6^{3-} \text{ (no ajustada)}$$

Una vez formados, los complejos de hierro se pueden extraer en éter etílico (*figura 3a*).

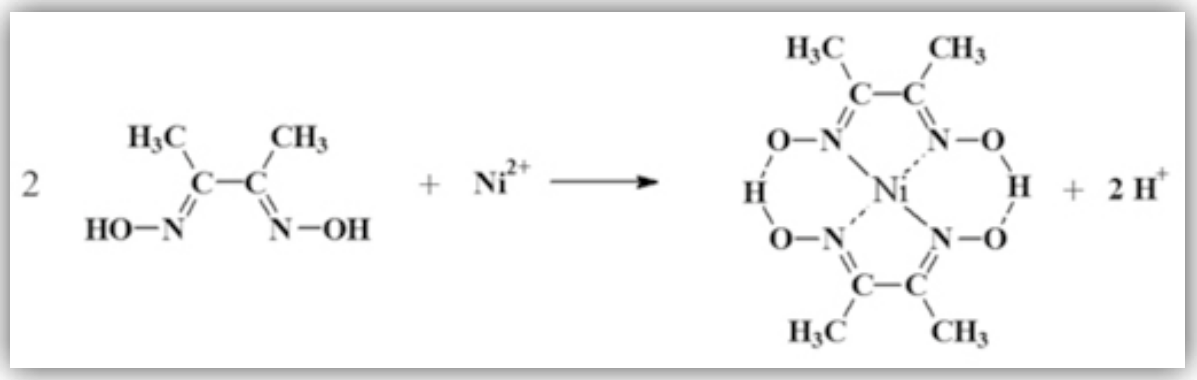
En el caso del $Ni^{2+}$, su reacción con dimetilglioxima en medio neutro o ligeramente amoniacal produce un precipitado rojo rosado de un quelato de coordinación 1:2 (II)[4], tal y como se puede observar en la siguiente reacción:

---

[2] HARRIS, D. C. (2003). *Análisis químico cuantitativo*. Barcelona, Editorial Reverté, pp. 355-356, 361.

[3] BURRIEL MARTÍ, F.; LUCENA CONDE, F.; ARRIBAS JIMENO, S. y HERNÁNDEZ MÉNDEZ, J. (1992). *Química analítica cualitativa*. Madrid, Editorial Paraninfo, p. 589.

[4] BURRIEL MARTÍ (1992), p. 668.



Así, si se coloca un pequeño volumen de disolución del reactivo dimetilglioxima en un papel de filtro y se añade una gota de una disolución acuosa de níquel(II) aparecerá el color característico del complejo que desaparecerá añadiendo una gota de ácido clorhídrico 0.1 M (*figura 3b*).

El catión cobre en disolución acuosa reacciona con el amoniaco para formar un complejo de color azul intenso cuya tonalidad depende de la concentración de cobre añadido (*figura 3c*)[5]. En tubo de ensayo se añaden 10 gotas de una disolución de amoniaco 2 M y 2 gotas de la disolución de cobre (II) 0.1 M. Aparecerá un color azul intenso debido a la formación del complejo $Cu(NH_3)_4^{2+}$ según la reacción:

$$Cu^{2+} + 4\ NH_3 \leftrightarrows Cu(NH_3)_4^{2+}$$

Los productos obtenidos en estos ensayos de reactividad de los cationes $Fe^{3+}$, $Ni^{2+}$ y $Cu^{2+}$ se muestran en la *figura 3*.

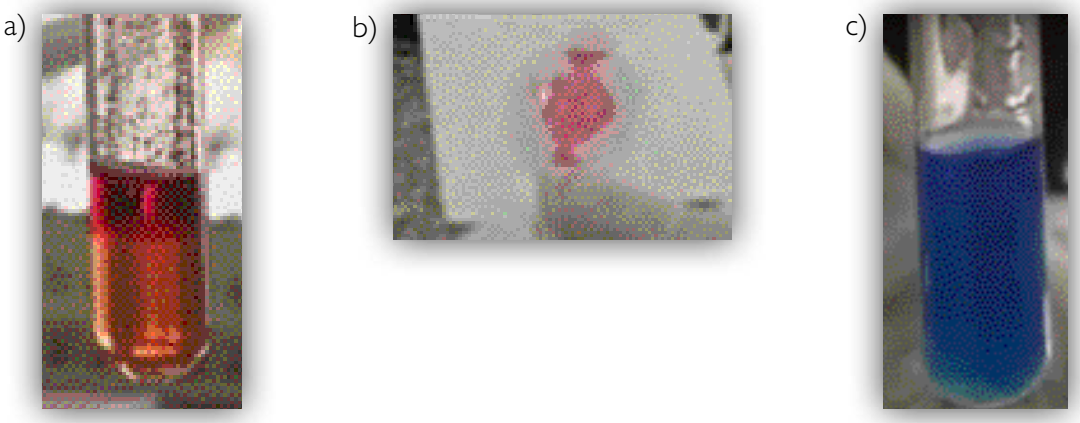



*Figura 3.* Ensayos de identificación de metales: a) complejo de hierro(III) con sulfocianuro extraído en éter; b) precipitado de níquel(II) con dimetilglioxima y c) complejo amoniacal de cobre(II).

Por otro lado, cuando los metales o sus compuestos se calientan fuertemente a temperaturas elevadas en una llama, la llama adquiere colores brillantes que son característicos de cada metal. Estas llamas coloreadas, proporcionan una vía de ensayo adecuada para identificar los elementos metálicos presentes en una sustancia. Los colores observados se deben a átomos del metal que han pasado a estados energéticos excitados por absorción de la energía de la llama. Dicha energía se transforma en luz cuando el átomo vuelve a su estado fundamental. Si la emisión de radiación se produce a la longitud de onda del espectro visible (390-750 nm), el ojo humano puede apreciar el color de la luz emitida y esa coloración permitirá identificar el elemento emisor. Como se ha comentado, cada elemento metálico produce un color diferente en la llama, siendo el berilio y el magnesio los únicos que no producen color (*tabla 1*).

[5] Burriel Martí (1992), p. 381.

| Elemento | Coloración llama | Elemento | Coloración llama |
|---|---|---|---|
| Cesio | azul celeste | Sodio | amarillo intenso |
| Talio | verde esmeralda | Potasio | violeta pálido |
| Cobre | azul bordeado en verde | Estroncio | rojo |
| Litio | carmín | Bario | verde amarillento |
| Calcio | rojo anaranjado | Hierro | dorado |

*Tabla 1*. Coloración de la llama producida por diferentes elementos metálicos.

## 4. EL PH DE LOS «LÍQUIDOS CASEROS»

La actividad desarrollada en este experimento consiste en la medida del pH de los líquidos más frecuentes que están presentes en nuestras casas, de bebida como, por ejemplo, refresco de cola, té, zumos de frutas, leche o cerveza, y de limpieza como el amoniaco o la lejía.

Con este experimento se pretende aproximar a los estudiantes a los diferentes métodos de medida utilizados en química analítica mediante el uso de papel de pH, colorantes químicos y medidas con electrodo selectivo.

El objetivo de esta experiencia es, por tanto, que los estudiantes evalúen las ventajas y los inconvenientes de cada uno de los procedimientos de medida del pH, que relacionen los cambios de color de los indicadores químicos con el equilibrio químico y que clasifiquen los líquidos de los productos caseros como ácidos o como bases en función del pH medido.

Las tiras comerciales de papel pH de tornasol están impregnadas con un indicador o una mezcla de indicadores que cambian de color dependiendo del pH de la disolución donde se introducen. El color adoptado por la tira se puede comparar con una escala de colores que está relacionada con el valor de pH. Utilizando este método de medida se obtiene un valor de pH aproximado redondeado a la unidad.

El pH-metro o potenciómetro es un instrumento de uso frecuente en los laboratorios químicos cuya principal utilidad es la de medir el pH de una disolución con mayor precisión que las tiras de papel indicadoras del pH. En este caso, el electrodo selectivo a los iones $H_3O^+$ se introduce en la disolución de interés y se obtiene directamente el valor de pH con una precisión de hasta dos cifras decimales.

Por lo que respecta a los indicadores químicos, en contacto con el líquido de medida cambian su color dependiendo del pH del líquido en cuestión, por lo que permiten detectar visualmente la variación del pH de las disoluciones. Los cambios de color del indicador (viraje) se pueden relacionar o dar idea del pH aproximado de la disolución y, aunque como método de medida es menos preciso que el uso de un electrodo selectivo, resulta muy útil para que los alumnos relacionen los cambios de color con el equilibrio ácido-base y expliquen teóricamente sus observaciones.

En la *figura 4* se muestran, a modo de ejemplo, los cambios de color que experimentan tres indicadores químicos cuando están en contacto con una disolución de hidróxido sódico.

La fenolftaleína es un indicador que cambia de color alrededor de pH 9, realizando la transición cromática de incoloro a rosado. El naranja de metilo es un colorante azoderivado, con cambio de color de rojo a naranja-amarillo entre pH 3,1 y 4,4. El verde de bromocresol es un colorante derivado de la familia del trifenilmetano que se utiliza como indicador de pH entre 3,8 y 5,4. Por debajo de pH 3,8 es de color amarillo y por encima de pH 5,4 es de color azul.

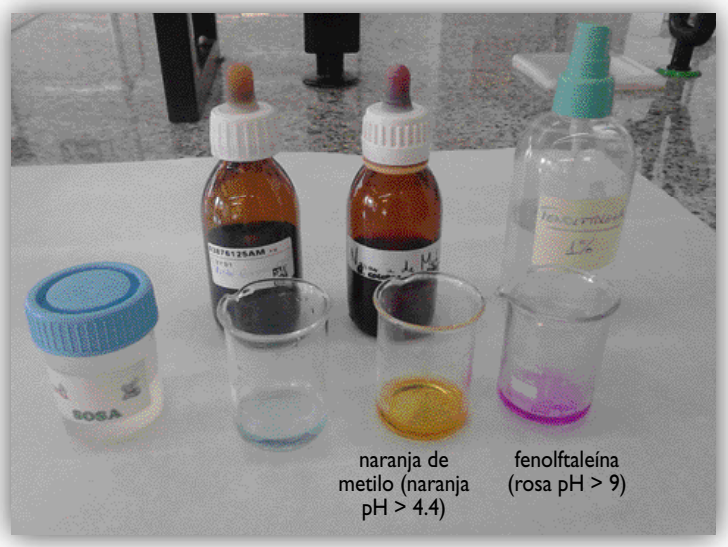



*Figura 4.* Empleo de indicadores químicos para la medida del pH de una disolución de hidróxido sódico.

Utilizando estos indicadores, y como se puede observar en la *figura 4*, se puede deducir que el hidróxido sódico es una sustancia básica y que la disolución analizada posee un pH superior a 9.

Por tanto, los cambios de color de estos indicadores químicos permiten a los alumnos clasificar las sustancias estudiadas en este experimento en función del pH, así como deducir un valor de pH aproximado que pueden comparar con el valor obtenido en las medidas con papel indicador y con electrodo selectivo.

## 5. *Blandiblú* la masa viscosa

Los plásticos están presentes en numerosos objetos de uso cotidiano. Si miramos a nuestro alrededor, es prácticamente imposible no encontrar algún polímero. Se encuentran en muchos de nuestros alimentos, en la ropa, en el bolígrafo con el que escribimos, en el ordenador, vehículos, casas, etc.

En esta actividad se puede fabricar de manera muy sencilla un polímero entrecruzado de aspecto gomoso. Para ello se toman 20 mL de una disolución de alcohol polivinílico al 4%, a la que se puede añadir una pequeña cantidad de algún colorante químico. A continuación, se añaden lentamente y con agitación 10 mL de una disolución de borato sódico al 4%. En seguida se forma una masa espesa, más densa y viscosa cuanto mayor es el volumen de borato sódico añadido[6] (*figura 5*).



*Figura 5.* Polímero entrecruzado de alcohol polivinílico.

[6] Ciencia en acción (2001), disponible en http://www.cienciaenaccion.org/es/2001/experimento-222/fabricacion-slime-polimero-sintetico-entrecruzado.html [consultado el 29/06/2016].

## 6. LA «LLUVIA DE ORO»

En esta actividad, los estudiantes pueden observar el cambio de forma cristalina que experimenta el yoduro de plomo por reprecipitación y relacionarlo con las propiedades y estructura de la materia.

Cuando se mezcla una disolución de yoduro de potasio con una disolución de nitrato de plomo(II), se forma un precipitado amorfo de yoduro de plomo(II), de color amarillo intenso. El yoduro de plomo(II) es un compuesto mucho más soluble en caliente que en frío. Si el recipiente donde ha ocurrido la reacción anterior se calienta, el precipitado se disuelve y, al enfriarse de nuevo, aparecen pequeños cristales o escamas brillantes que parecen oro[7]. Los dos precipitados obtenidos, bien por reacción química o por enfriamiento, son en realidad la misma sal. Este fenómeno se conoce como alotropía y cada una de las formas diferentes en las que se presenta un elemento o compuesto se denomina «estado alotrópico».

Para visualizar la lluvia de oro, se añaden entre 2 y 3 mL de una disolución de $Pb(NO_3)_2$ 0,1 M a un tubo de ensayo y a continuación, entre 4 y 6 mL de una disolución de KI 0,1 M. Simultáneamente a la adición del reactivo, ya que la reacción es inmediata, se observará la formación de un abundante precipitado amarillo de aspecto pulverulento.

En ese momento, se calienta el tubo de ensayo en una placa calefactora hasta redisolución total del precipitado. Con unas pinzas, se coge el tubo de ensayo y se enfría bajo un chorro de agua fría, con cuidado de que el agua no entre en el tubo de ensayo, hasta observar la aparición de las escamas doradas (*figura 6*).




*Figura 6.* Procedimiento experimental para la obtención de la «lluvia de oro».

[7] BURRIEL MARTÍ (1992), p. 431.

## Conclusiones

Las experiencias de laboratorio descritas en el presente artículo han demostrado ser de gran interés para los alumnos durante las estancias educativas realizadas en el marco del programa 4.º ESO+empresa. A través de experimentos sencillos, algunos de los cuales utilizan «reactivos caseros» fáciles de obtener y productos cotidianos, se consigue aproximar la química a los alumnos de 4.º ESO e introducirles en el mundo de la experimentación y del trabajo científico, haciéndoles partícipes del trabajo en los laboratorios universitarios. Puesto que los alumnos pueden realizar íntegramente todas las actividades propuestas, estas pueden servir, además, para tratar transversalmente otros temas como la seguridad y los procedimientos adecuados de trabajo en un laboratorio. Por otro lado, la realización de estas estancias educativas cuenta con la participación activa de todos los agentes implicados en el proceso educativo, alumnos, centros e instituciones de acogida, lo que permite alcanzar los objetivos del programa educativo. Así, las actividades prácticas propuestas permiten despertar y fomentar, año tras año, el interés de los alumnos por la ciencia, lo que les sirve de gran ayuda para descubrir qué les gustaría hacer profesionalmente y qué les gustaría estudiar en su futuro más inmediato.

## Agradecimientos

Los autores desean mostrar su agradecimiento a la Sección Territorial de Madrid de la Real Sociedad Española de Química y al Departamento de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid, sin cuyo apoyo y financiación no habría sido posible la realización de las estancias educativas de los alumnos de 4.º ESO.

# La reflexión sobre la práctica: una herramienta indispensable para movilizar el pensamiento del docente en formación

Francisco Javier Ruiz Ortega
*Universidad de Caldas, Manizales, Colombia - 00576-8781500 exte-12234*
francisco.ruiz@ucaldas.edu.co

**Palabras clave:** Argumentación en ciencias, formación de docentes, prácticas reflexivas.

**Key words:** Argument sciences, teacher education, reflective practice.

**Resumen**

El trabajo se orientó a identificar cambios en las concepciones de los futuros docentes del área de la biología y la química, de un programa de Licenciatura de la Universidad de Caldas –Colombia–, sobre la concepción de la argumentación en ciencias. En la investigación se aplicó en dos ocasiones un cuestionario constituido por preguntas abiertas y un trabajo colectivo que consistió en grabar y reflexionar sobre dos clases realizadas por los futuros docentes. Los resultados muestran cambios importantes en sus concepciones, pasan de perspectivas estructurales a ver la argumentación como herramienta indispensable para el aprendizaje.

**Abstract**

The work was aimed at identifying changes in conceptions of future teachers in the area of biology and chemistry, a degree program at the University of Caldas –Colombia– on the conception of argumentation in science. In research it was applied twice a constituted by open questions and a collective work was to record and reflect on two classes conducted by future teachers questionnaire. The results show significant changes in their conceptions, structural spend see the argument as an indispensable tool for learning perspectives.

## Introducción

¿Qué entendemos por calidad de las prácticas docentes?, ¿cómo promover prácticas de aula pertinentes y orientadas al desarrollo de aprendizajes en profundidad?, ¿cómo promover, desde la formación inicial de los docentes, la conciencia crítica y reflexiva sobre la propia práctica? Son preguntas que seguramente rodean los procesos de formación de docentes y para las que en este artículo se intenta, desde los hallazgos y métodos utilizados, aportar herramientas teóricas y procedimentales para enriquecer y orientar discusiones y propuestas de intervención.

Se sabe que los contextos de formación de docentes latinoamericanos, específicamente el colombiano, han tenido una tradición técnica (Sánchez y López, 2013[1]), sustentada en perspectivas escolásticas, es decir, una perspectiva epistemológica que se apoya en una relación lineal entre la teoría y la práctica, asumiendo que la mejor manera de formar a los docentes es la aplicación objetiva, en sus prácticas, de la teoría adquirida en su trayecto formativo (Pérez, 2010[2]). Lo anterior, además de fragmentar los saberes implicados en un proceso formativo de los docentes, ha desprovisto la formación de los docentes de escenarios reflexivos en los cuales se discuta aspectos propios del rol del docente como el saber didáctico, las competencias profesionales del docente, entre otros (Rodrigues, 2013[3]).

En este sentido, la formación, si bien es necesario asumirla como un escenario en el que se adquieren herramientas pedagógicas, didácticas y conceptuales, que posibilita desarrollar práctica pedagógica, didáctica y profesional al futuro docente, también debe entenderse como un espacio que reconoce al estudiante en formación como un ser humano capaz de reconstruir su propia práctica y, para ello, será necesario promover ejercicios reflexivos, críticos y propositivos sobre sus propios desempeños (Camargo *et al.,* 2004[4]).

Al respecto, hay coincidencia con autores (Devís y Sparkes, 2004[5]; KEMMIS, 1999[6]; PORLÁN, 1989[7]; Calvo, Rendón y Rojas, 2004[8]), que aceptan que en la formación inicial del profesorado es indispensable intervenir, el pensamiento docente, sus concepciones ingenuas sobre la docencia, que fueron adquiridas de manera irreflexiva y se convierten, más adelante, en un verdadero obstáculo para el cambio (Gil y Vilches, 2004[9]). Una de estas concepciones hace referencia a que la docencia es una profesión en la cual el buen conocimiento de la materia es condición suficiente para enseñarla. Al respecto, la crítica de Gil y Vilches (2004, p. 46[10]) se enfoca a reconocer que «un buen conocimiento de la materia va más allá de lo que suele impartirse en las facultades de ciencias y no se reduce a conocer los hechos, leyes y teorías que conforman el cuerpo de conocimientos científicos», pues supone, además, conocer su epistemología, su naturaleza y las interacciones con otros campos del saber.

A la anterior reflexión, se adiciona que la formación de los docentes debe sustentarse en la promoción de actitudes constantes de aprendizaje (González y Barbá, 2014[11]). Enfrentar las dinámicas escolares y

---

[1] SÁNCHEZ, E. y LÓPEZ, M. (2013). *La práctica reflexiva en la Educación superior.* Bucaramanga, Ediciones USTA, p. 224.

[2] PÉREZ, A. (coord.). *Aprender a enseñar en la práctica: procesos de innovación y prácticas de formación en la educación secundaria* (2010). Barcelona, Graó, p. 216.

[3] RODRIGUES, R. (2013). *El desarrollo de la práctica reflexiva sobre el quehacer docente, apoyada en el uso de un portafolio digital, en el marco de un programa de formación para académicos de la Universidad Centroamericana de Nicaragua.* Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona, Barcelona, España [en línea] www.tdx.cat/ handle/10803/108035 [consultado el 20 de enero de 2016].

[4] CAMARGO, A; CALVO, G.; FRANCO, M.; VERGARA, M.; LONDOÑO, S.; ZAPATA, F. y GARAVITO, G. (2004). La necesidad de formación permanente del docente. *Educación y Educadores.* 7, pp. 79-112.

[5] DEVÍS, J. y SPARKES, A. C. (1999). Burningthebook: A biographical study of a pedagogically inspired identity crisis in Physical Education. *European Physical Education Review*, 5(2), pp. 135-152.

[6] KEMMIS, S. (1999). La investigación-acción y la política de la reflexión. En A. PÉREZ, J. BARQUÍN y J. F. ANGULO (Eds.). *Desarrollo profesional del docente. Política, investigación y práctica*. Madrid, Akal, pp. 95-118.

[7] PORLÁN, R. (1989). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), pp. 175-185.

[8] CALVO, G.; RENDÓN, D. y ROJAS, L. (2004). Un diagnóstico de la formación docente en Colombia [en línea] http://www.lpp-buenosaires.net/documentacionpedagogica/ArtPon/PDF_ArtPon/Formacion%20docente%20en%20Colombia.pdf [consultado el 25 de octubre de 2009].

[9] GIL, D. y VILCHES, A. (2004). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16, pp. 259-272.

[10] GIL, D. y VILCHES, A. (2004). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16, pp. 259-272.

[11] GONZÁLEZ, G. y BARBÁ, J. (2014). Formación permanente y desarrollo de la identidad reflexiva del profesorado desde las perspectivas grupal e individual. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 18(1) pp. 397-412.

las complejas redes que involucra la enseñanza de las ciencias requiere, sin duda, la existencia de comunidades de docentes-investigadores, que inviten a los docentes a fijar su mirada en el aula y las distintas relaciones emergentes en ella para indagarlas, reflexionarlas y comprenderlas; es decir, que se convierta en un transformador de su ser, hacer y conocer (Camargo *et al.,* 2004[12]). Por eso puede decirse que, si se quieren transformaciones reales de las prácticas de los docentes, estos deben implicarse fuertemente en procesos de reflexión de su propia práctica que reconozcan el contexto sistémico en el que vive cada uno de ellos (Perrenoud, 2007[13]).

Es vital entonces, como lo manifiesta Delval (2002[14]), trabajar sobre la formación y desempeño de los docentes, pues serán estériles los esfuerzos de cambiar la escuela si no atendemos y enfocamos nuestros esfuerzos hacia ellos. Lograrlo invita a pensar en la esencial tarea de brindar al docente opciones para potenciar actitudes problematizantes e investigadoras. Así mismo, opciones para que ellos puedan planear, monitorear/revisar y evaluar su trabajo. En este sentido, Ibernón (1997[15]) propone que debemos brindar a nuestros docentes espacios para crear en ellos mentalidad flexible, abierta al diálogo y a la crítica sistemática de la propia actividad práctica.

Es un proceso lento, pero seguramente, como lo manifiestan Osses y Jaramillo (2008, p. 194[16]), «es, quizás, el camino más prometedor para que los docentes lleguen a regular de una manera eficaz sus estrategias de enseñanza, y puedan aproximarse al objetivo de enseñar a aprender a sus estudiantes, orientando el proceso educativo hacia una autonomía que los conduzca a aprender a aprender y favorezca la transferencia de sus aprendizajes a la cotidianeidad de su vida».

Desde la perspectiva anterior, el énfasis dado al estudio se vincula, en primer lugar, a valorar en la formación de los docentes el uso del vídeo, como herramienta que potencia un pensamiento reflexivo sobre la propia práctica de los futuros profesionales de la docencia. En segundo lugar, a consolidar en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, la posibilidad de ver la argumentación como una competencia indispensable para el desarrollo de aprendizajes profundos.

Ahora, ¿por qué aportar a la formación que docentes para ver la argumentación como competencia importante en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias? Responder a ello invita a pensar sobre una de las metas propuestas para los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias: desarrollar pensamiento crítico en los estudiantes como herramienta que posibilite su acción en el mundo. Aquí hay un requerimiento esencial y es el componente comunicacional, que posibilita explicitar dichos modelos e ir transformándolos a la par con el aprendizaje de la ciencia que se enseña. Es aquí, en el lenguaje, en los diálogos, en las interacciones comunicativas, donde la argumentación cobra un lugar importante como actividad social (Sutton, 2003[17]; Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003[18]; Ruiz, 2010[19], Ruiz,

---

[12] Camargo, A.; Calvo, G.; Franco, M.; Vergara, M.; Londoño, S.; Zapata, F., y Garavito, G. (2004). La necesidad de formación permanente del docente. *Educación y Educadores,* 7, pp. 79-112.

[13] Perrenoud, P. (2007). *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar. Profesionalización y razón pedagógica.* Barcelona, Graó, p. 224.

[14] Delval, J. (2002). Entrevista a Juan Delval, realizada por P. Cañal. *Investigación en la Escuela*, 43, pp. 71-80.

[15] Imbernón, F. (1997). *La formación y el desarrollo profesional del profesorado*. Barcelona, Graó, p. 163.

[16] Osses, S. y Jaramillo, S. (2008). Metacognición: un camino para aprender a aprender [en línea] http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07052008000100011&script=sci_arttext [consultado el 20 de diciembre de 2015].

[17] Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias,* 21(1), pp. 21-25.

[18] Jiménez-Aleixandre, M. y Díaz, B. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), pp. 359-370.

[19] Ruiz, F. (2010). Las competencias científicas en el contexto catalán, una mirada crítica al término y su conceptualización en la política educativa. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 6 (1), pp. 75-93.

Tamayo y Márquez, 2015[20]), como competencia que permite jalonar procesos de orden cognitivo (al demandar del sujeto otras habilidades como la explicación, justificación…), social (en donde los permanentes momentos de socialización e intersubjetivación permiten al sujeto consolidar una dinámica de trabajo grupal) y emocional (en el que se permite a los niños y niñas manifestar sus opiniones, canalizar sus emociones en las situaciones de conflicto) (Santos, 1997[21]).

Promover la argumentación exige, entonces, que en los procesos de formación de los futuros docentes se enriquezca conceptual y metodológicamente lo que supone argumentar en ciencias y las estrategias para su enseñanza y evaluación en el aula. También se requiere promover, de manera consciente, ejercicios reflexivos, críticos y propositivos, sobre las concepciones de la argumentación, sobre cómo potenciar el debate colectivo, sobre cómo cualificar la argumentación en los futuros docentes y sobre cómo se piensa este proceso en escenarios reales de la educación.

En la línea de pensamiento anterior y para consolidar la idea de que los docentes, además de ser sujetos con vivencias, conocimientos, experiencias, intereses y motivaciones, también son agentes de cambio y de intervención en el proceso de formación de los estudiantes, se elige el vídeo como una de las estrategias de reflexión. Por ello el objetivo central del estudio es promover, mediante la reflexión colectiva sobre sus propias prácticas utilizando el vídeo como herramienta, cambios en la manera como los docentes en formación conciben la argumentación y su enseñanza en el aula.

## METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolló con estudiantes del programa de formación de docentes en Biología y Química de la Universidad de Caldas (Manizales-Colombia) en la asignatura Didáctica de la Biología. Para el desarrollo de la investigación se plantearon tres momentos. El primero, la aplicación de un cuestionario que permitió identificar concepciones sobre lo que supone la argumentación y cómo promoverla en el aula. El segundo momento, un trabajo colectivo que consistió en grabar y reflexionar sobre dos clases realizadas por los docentes en formación. El tercer momento, la segunda aplicación del cuestionario para identificar cambios en sus concepciones. El análisis que se hizo a la información fue un análisis de contenido cuantitativo y de codificación inductiva (Denzin y Lincoln, 2005[22]; Ying, 2009[23]), que permitió identificar los cambios en el pensamiento del futuro docente.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

Fueron tres las preguntas que se hicieron a los futuros docentes:

a) Si te invitaran a dar una charla en un evento sobre argumentación en clase de ciencias, ¿qué explicación darías?

b) Presenta al menos tres aspectos indispensables que se deben tener en cuenta para desarrollar la argumentación en clase de ciencias.

c) ¿Qué relación encuentras entre la argumentación y la comprensión y construcción de los conocimientos escolares?

---

[20] RUIZ, F.; TAMAYO, O. y MÁRQUEZ, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educación y Pesquisa.* 41(3), pp. 629-646.

[21] SUTTON, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias,* 21(1), pp. 21-25.

[22] DENZIN, N. K. y LINCOLN, Y. S. (eds.) (2005). *The Sage Handbook of Quali- tative Research, Thousand Oaks*. California, Sage, p. 1193.

[23] YING, R. (2003). *Case study research: design and methods*. USA, Sage Publications, p. 282.

Para la primera pregunta, en la *figura 1*, se presentan los resultados sobre cómo asumen los docentes en formación la argumentación en clase de ciencias.

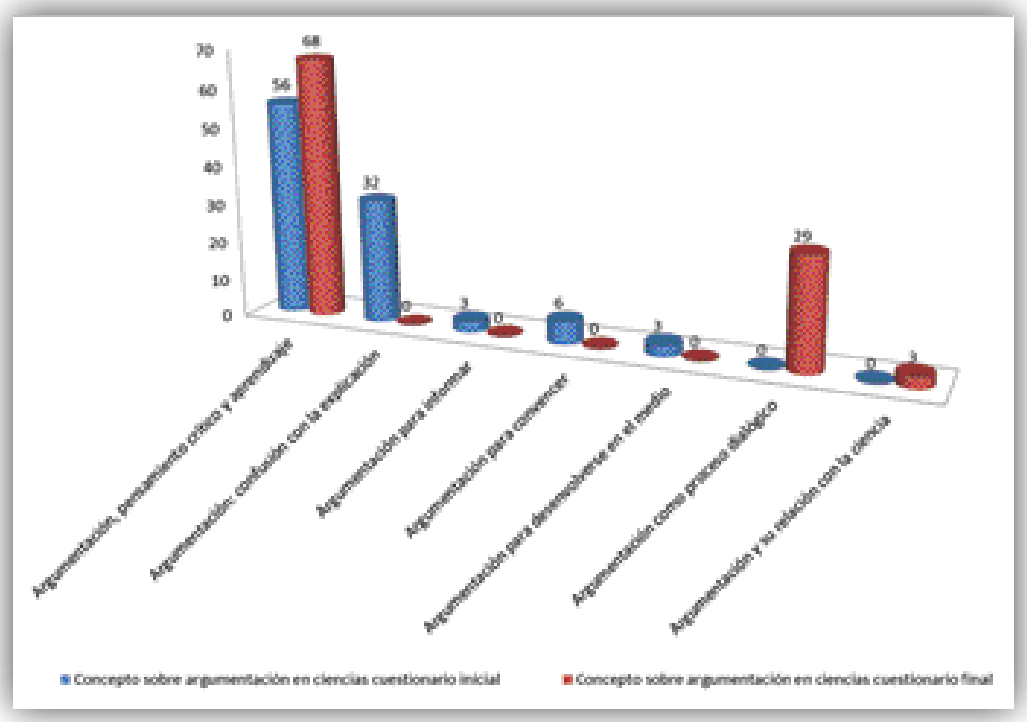



*Figura 1.* Concepciones sobre argumentación. Antes y después de la reflexión sobre sus propias prácticas.

Tres elementos podemos rescatar de los resultados obtenidos antes y después de la reflexión sobre sus propias prácticas. El primero, se consolida la idea de que la argumentación es un proceso orientado a desarrollar en los estudiantes *pensamiento crítico* (del 56 % en el primer momento pasa al 68 % en el segundo momento). Varios autores (Jiménez-Aleixandre, 2010[24]; Ruiz, Tamayo y Márquez, 2015[25]) coinciden en que un pensador crítico tiene como una de sus habilidades, saber comunicar lo que sabe y saber defender sus planteamientos, es en este proceso donde se reconoce su lenguaje y la coherencia en sus expresiones. Es esta perspectiva una de las que se refuerza tras la reflexión que los estudiantes realizan sobre sus propias prácticas, planteando la importancia de abandonar aprendizajes memorísticos para situarse en un proceso de debate y expresión de puntos de vista justificados, con el fin de consensuar o persuadir a quienes se implican en los procesos argumentativos:

> «Argumentar en una clase de ciencias consiste en dejar a un lado aquellos conocimientos memorísticos los cuales responden a preguntas cerradas con única respuesta, la argumentación consiste en poner en práctica, en debatirlos, en soportar diferentes hipótesis con bases sólidas que permitan persuadir o confrontar otras ideas con la finalidad de crear un conocimiento más racional, aplicar nuestro análisis, generar un pensamiento crítico que permita tener un punto de vista acerca de diferentes temas como de las ciencias».

El segundo elemento para valorar tiene que ver con la aceptación de que la argumentación es, precisamente, un proceso dialógico, categoría que emerge tras haber realizado la reflexión sobre sus propias

[24] Jiménez-Aleixandre, M. y Díaz, B. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), pp. 359-370.

[25] Ruiz, F.; Tamayo, O. y Márquez, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educación y Pesquisa,* 41(3), pp. 629-646.

prácticas (29 % de respuestas reflejan esta perspectiva). Asumir esta perspectiva es acercarnos también a la instalación de interacciones comunicativas dialógicas, es abandonar el rol monológico del docente en el aula de clase. Además, es permitir que quienes se comprometen en estos procesos acepten que el lenguaje y, en nuestro caso, la argumentación es un acto comunicativo, un proceso de interacción social y de diálogo de saberes, propios y necesarios de un proceso de co-construcción de conocimiento escolar. Las respuestas siguientes son evidencias de lo mencionado anteriormente:

> Argumentar en clase de ciencias es un proceso social dialógico que permite a los sujetos debatir razonadamente sus puntos de vista.
>
> La argumentación en clase de ciencias es un proceso de interacción conjunta entre estudiantes y profesores. Es mediante la argumentación y el diálogo como se consolida la construcción del conocimiento en el aula.
>
> Argumentar en una clase de ciencias supone darle la oportunidad a los estudiantes de expresar sus conocimientos en pro de justificar un tema en específico.

El tercer elemento, que también emerge en la segunda aplicación de la primera pregunta a los futuros docentes, está vinculado con la aceptación de que la argumentación es una práctica epistémica, es decir, que está vinculada con el avance de la ciencia y con la construcción del conocimiento científico escolar. Reconocer el papel de la argumentación en el avance de la ciencia es un paso importante para los procesos de enseñanza y aprendizaje de las mismas, pues esto facilitará que tanto estudiantes como docentes den un espacio explícito a esta práctica epistémica en el proceso de construcción de la ciencia escolar.

La segunda pregunta indagó sobre los criterios para la enseñanza de la argumentación en clase de ciencias. En la *figura 2* se exponen los resultados.

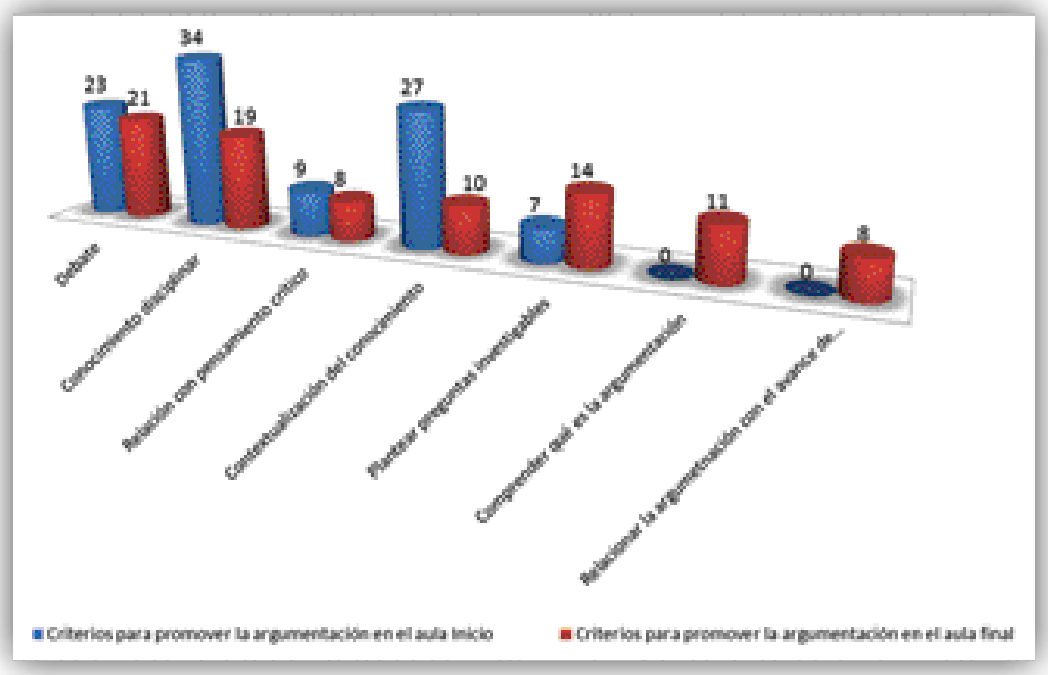



*Figura 2.* Criterios para la enseñanza de la argumentación en ciencias.

Los resultados muestran varios criterios. El primero de ellos es la necesidad de promover debates en el aula de ciencias (23 % y 21 %, antes y después, respectivamente). Recordemos que la argumentación como proceso de interacción comunicativa y de «confrontación», requiere del concurso o participación de diferentes puntos de vista, esto ayudará a quienes los exponen a presentar más información para de-

fenderlos y al final poder tomar decisiones frente a lo que se discute. El segundo criterio, el conocimiento disciplinar, aunque disminuyó en la segunda aplicación, sigue siendo un criterio fundamental (34 % al 19 %). No puede haber argumentación sin un contenido específico, es la argumentación un proceso para promover aprendizajes y aquí será indispensable reflexionar sobre el tipo de contenido que se expresa en los argumentos. El tercer criterio, de orden didáctico y que emerge tras la reflexión propuesta (14 %), tiene que ver con las distintas maneras de promover discusiones. Aquí será importante el reconocimiento de la pregunta como mecanismo de indagación y promoción de debates, el ser conscientes de que existen preguntas que pueden ser utilizadas para este propósito, hablamos de preguntas del orden de la descripción, generalización, explicativas, predictivas o de gestión. El cuarto criterio, que también emerge en la segunda aplicación de la pregunta, es de orden conceptual (11 %), referido específicamente a comprender qué supone argumentar en clase de ciencias. Una invitación para que los docentes reflexionemos sobre aquellas habilidades o competencias que estamos llamados a desarrollar en el aula y que en muchas ocasiones no hay ni claridad ni consenso sobre su significado y alcance. El último criterio que emerge en este segundo momento, al igual que los dos anteriores, es de orden epistémico (8 %). Ya comentamos la relevancia que tiene relacionar la argumentación con el avance del conocimiento científico, una articulación necesaria e indispensable para entender de la ciencia y sobre la ciencia. En la siguiente respuesta se pueden visualizar los criterios antes mencionados:

> Estudiante: Los criterios que considero deben tenerse en cuenta son:
>
> **El epistemológico** hace referencia a qué lugar ocupa, según la docente, la argumentación en la construcción de la ciencia.
>
> **El conceptual** está vinculado con la concepción que tiene la docente sobre la argumentación en ciencias. **El contexto** en el que se planea argumentar la ciencia. **El tipo de público** al que se le va argumentar la ciencia.
>
> **El tema** que se planea argumentar, para desarrollar diferentes métodos didácticos.
>
> **Generar posturas** durante la clase con base en los temas propuestos.
>
> **Un problema a resolver o una pregunta** bien formulada.

Por último, los docentes en formación ante la pregunta: ¿qué relación encuentras entre la argumentación y la comprensión y construcción de los conocimientos escolares?, los resultados expuestos en la *figura 3* muestran dos posturas generales. La primera aquella que relaciona de manera lineal los tres procesos, es decir, que una es consecuencia de la otra. Planteamiento que pasa del 78 % en la primera aplicación, al 29 % en la segunda. Es una postura válida, sin embargo se cuestiona el carácter de dependencia de los procesos, tal y como se observa en las siguientes respuestas:

> Estudiante: La relación entre estos es muy estrecha, puesto que me parece que **por medio de la argumentación se llega a una buena comprensión y al generar la comprensión en los estudiantes se empieza a construir los conocimientos**.
>
> Estudiante: Supongo que **cuando se logra comprender algo es posible mejorar la capacidad de argumentación y así se da una construcción de los conocimientos escolares**.

Respuestas que, si bien expresan la relación entre ellas, no permiten visualizar la sinergia de las mismas, dando mayor relevancia al proceso que desencadena la línea de relación, para la primera respuesta, la argumentación, y para la segunda, la comprensión.

La segunda perspectiva que se manifestó con mayor énfasis en la segunda aplicación de la pregunta tiene que ver con la integración de los tres procesos como aspectos relevantes para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Una perspectiva que, a diferencia de la anterior, sí valora la sinergia entre la comprensión, la argumentación y la construcción de la ciencia escolar. Además, se da un reconocimiento explícito a la necesidad de articularlos para cualificar el aprendizaje de los estudiantes:

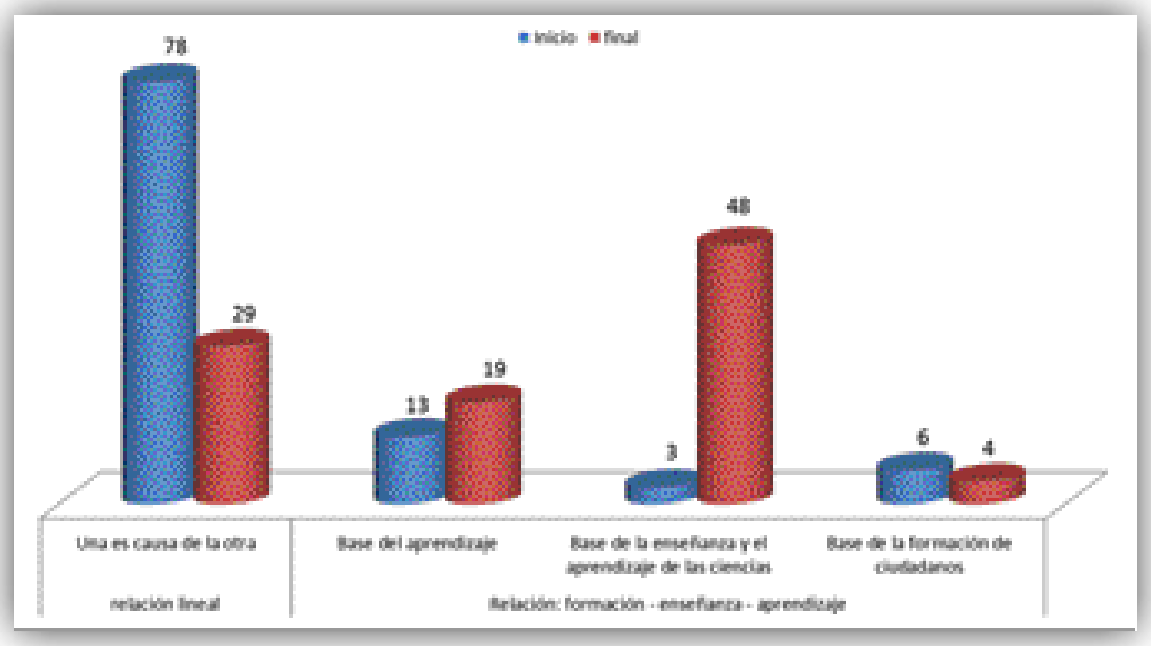



*Figura 3.* Relación entre argumentar, comprender y construir conocimiento escolar.

> Estudiante: Yo creo que estos tres elementos tienen una relación directa y el desarrollo de uno afecta a cualquiera de los otros dos, ya que la argumentación complementa el proceso de comprensión acoplando las ideas con los conceptos y expresándolas viviendo un proceso como lo es el aprendizaje y como lo implica la construcción del conocimiento ya que para esto debe existir un entendimiento y comprensión de los saberes pero, además, una confrontación para su evaluación y su corrección o fortalecimiento. El tipo de público al que se les va a argumentar la ciencia.

## CONCLUSIONES

La reflexión sobre la práctica es un escenario que permitió avances importantes en el pensamiento del docente, específicamente en los siguientes aspectos:

- Los docentes en formación consolidaron la perspectiva de ver la argumentación como una competencia relevante para promover pensamiento crítico en los estudiantes, al igual que asumirla como un pretexto para promover interacciones dialógicas en el aula.
- Se consolida en el pensamiento de los docentes en formación que, además de utilizar el debate, las preguntas investigables, el saber disciplinar como mecanismos de promoción de la argumentación en ciencias, es indispensable que se tenga claridad de lo que se asume como argumentación y de su relación con la construcción de la ciencia.
- Si bien se sigue manifestando una relación lineal entre la comprensión, la argumentación y la construcción de la ciencia escolar, es claro para los docentes en formación que las anteriores acciones cognitivas son fundamentales para promover aprendizajes profundos en los estudiantes.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Caldas y a los docentes participantes en este estudio.

# Primeros resultados de la adaptación en España y Argentina de Chemie im Kontext, una metodología alemana de didáctica de la química en educación secundaria

Ignacio Sánchez Díaz, David Samuel Di Fuccia

*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, educación secundaria, contexto, didáctica de la química.

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

**Resumen**

Chemie im Kontext (Química en contexto) es un proyecto alemán que busca mejorar la enseñanza de la química en educación secundaria. Es una metodología basada en contextos que utiliza un enfoque centrado en los alumnos. Proporciona un aprendizaje autodirigido con el fin de fomentar la autonomía de los alumnos.

Actualmente llevamos a cabo un proyecto de investigación en España y Argentina para evaluar qué cambios se producen en alumnos y docentes al utilizar esta metodología. En este documento se presentan los primeros resultados de nuestra investigación.

**Abstract**

Chemie im Kontext (Chemistry in context) is a German project that aims to improve the chemistry teaching in secondary education. It is a context-based methodology that uses a student-centered approach. It provides a self-directed learning in order to promote the students' autonomy.

Currently we are conducting a research project in Spain and Argentina in order to assess what changes occur in pupils and teachers when using this methodology. In this document we present the first results of our research.

## 1. Introducción

Chemie im Kontext (Química en contexto, ChiK en lo sucesivo) es una metodología de contextualización de contenidos para la didáctica de la química en educación secundaria. El proyecto tiene su origen en Alemania, y para su desarrollo contó con el apoyo del Ministerio Alemán de Educación e Investigación.

En ChiK el punto de partida de cada unidad didáctica es un contexto real que muestra la importancia de la química en la vida diaria de los alumnos. A partir de este contexto, se desarrollan los conocimientos sobre él y se abstraen los conceptos de química fundamentales. Las unidades didácticas se estructuran en cuatro fases:

1. Fase de contacto (donde los alumnos se familiarizan con el contexto y formulan las preguntas sobre las que se van a basar las siguientes fases).
2. Fase de curiosidad y planificación (donde los alumnos planifican las tareas a realizar en la siguiente fase para dar respuesta a las preguntas de la fase anterior).
3. Fase de elaboración (donde los alumnos realizan las actividades que han planificado, bajo la supervisión del docente).
4. Fase de profundización y conexión (donde se extraen los conocimientos teóricos del contexto, y se relacionan con otros contextos y con otros conceptos básicos).

Una explicación más detallada de las características de esta metodología puede consultarse en nuestro artículo del anterior Congreso de Docentes[1].

## 2. METODOLOGÍA

Nuestro grupo del departamento de didáctica de la química en la Universidad de Kassel, en Alemania, trabaja en un proyecto para evaluar las posibilidades de adaptación de esta metodología en España y Argentina, siguiendo un enfoque que utiliza la investigación de acción participativa[2] y fases de evaluación empírica.

### 2.1. PROYECTO EN ARGENTINA

Actualmente, la Universidad de Kassel y la Universidad de Buenos Aires tienen un proyecto de cooperación para evaluar el uso de la metodología de ChiK en escuelas secundarias en Argentina. Este proyecto cuenta con el apoyo y la financiación del DAAD (Servicio de Intercambio Académico de Alemania, en sus siglas en alemán).

En Argentina se diseñó un material propio basado en el material de ChiK original dedicado al petróleo («Petróleo, ¿demasiado valioso para usarlo como combustible?»). Este material consiste en una encuesta-cuestionario con respuestas múltiples sobre varios temas que se encuentran dentro de este contexto. También se produjo un material explicativo, de modo que los docentes pudieran trabajar con todas las cuestiones que se presentaban en la encuesta.

El material se usó en dos escuelas de educación secundaria y en un instituto de formación del profesorado. Al estar en las primeras fases del proyecto en Argentina, el material se ha usado solamente en presentaciones y proyectos especiales en escuelas. Sin embargo, se han podido recoger las opiniones de algunos docentes sobre las metodologías basadas en contextos en general, y en particular sobre el material diseñado en Argentina.

### 2.2. PROYECTO EN ESPAÑA

En España el proyecto comenzó a finales del curso escolar 2013-2014. Mantuvimos reuniones con docentes y con directores de diversos centros educativos de la Comunidad de Madrid, para presentar la

---

[1] DI FUCCIA, D. y SÁNCHEZ DÍAZ, I. (2015). Chemie im Kontext: una metodología de contextualización de contenidos en la enseñanza de la química. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M.; BARATAS DÍAZ, A. y BRANDI FERNÁNDEZ, A. (editores). Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato. Madrid, Santillana, pp. 89-97.

[2] EILKS, I. y RALLE, B. (2002). Participatory Action Research within Chemical Education. En RALLE, B. y EILKS, I. (editores). *Research in chemical education - what does it mean?*. Shaker, Aachen, pp. 87-98.

metodología y explicar sus características y lo que intentábamos conseguir con la investigación. Finalmente tuvimos una respuesta positiva de cuatro centros de Getafe y Leganés (dos públicos y dos privados). Inicialmente ocho docentes acordaron utilizar la metodología de ChiK en sus clases de Química. Los contextos que eligieron para desarrollar las primeras unidades didácticas fueron «alcoholes» y «ácidos y bases de la vida cotidiana».

Tradujimos parte del material original alemán al castellano, y desarrollamos otros materiales propios, incluyendo algunas propuestas de unidades didácticas, proporcionando a los docentes un material de apoyo que pudieran usar en sus clases.

Durante la primera mitad del curso escolar 2014-2015, mientras producíamos el material, realizamos visitas periódicas a los centros educativos y mantuvimos entrevistas personales con los cuatro docentes que finalmente formaron parte del proyecto. Al final del curso académico los docentes usaron los materiales y la metodología de ChiK durante 3-4 semanas en diez clases de educación secundaria: cuatro clases de 3.º de ESO y seis clases de 4.º de ESO.

Para evaluar los efectos obtenidos al usar estas unidades didácticas usamos cuestionarios pre-test y post-test, y entrevistamos a los cuatro docentes y a 22 alumnos.

Los cuestionarios seguían una escala tipo Likert, y constaban de una serie de afirmaciones. La persona que los cumplimentaba debía indicar en qué grado estaba de acuerdo con ellas. Un valor de 4 indicaba «estoy completamente de acuerdo» y un valor de 1 significaba «estoy completamente en desacuerdo».

En los cuestionarios pre-test de los docentes, las preguntas hacían referencia a sus expectativas sobre la metodología de ChiK antes de utilizarla, así como a las características de su propia manera de enseñar. Los cuestionarios post-test tenían ítems sobre cómo se sintieron al usar la metodología de ChiK y sobre los cambios que percibieron con respecto a una enseñanza tradicional. Para poder comparar ítems dentro de la misma categoría, las preguntas deben medir la propiedad deseada en la misma dirección. Por lo tanto, se invirtió el resultado obtenido en aquellas preguntas cuya dirección no se correspondía con la característica a medir. Por ejemplo, en el ítem «cuando los alumnos llevaron a cabo actividades y ejercicios en esta unidad didáctica, han estado dirigidos por mí en todo momento», que pertenece a la categoría «características de la metodología» en los cuestionarios de los docentes, el valor obtenido se invirtió, porque uno de los aspectos característicos de la metodología de ChiK es que debe fomentar que los alumnos dirijan su propio proceso de aprendizaje.

Para los docentes se analizaron cuatro categorías diferentes:

- Características de la metodología ChiK (ocho ítems). Aquí se incluyen preguntas relacionadas con la enseñanza basada en contextos y con la forma en que el docente trabaja en sus clases.
- Cambios en los alumnos. Los diez ítems de esta categoría se relacionan con el desarrollo de las habilidades de los alumnos, su participación en las clases, su motivación…
- Cambios en los docentes. Aquí hay ocho ítems que miden el control de la clase que tiene el docente, las posibilidades de usar algunos aspectos de ChiK en asignaturas distintas de Química, el tiempo que necesita para la preparación de las unidades didácticas…
- Viabilidad y utilización. Ocho ítems que hacen referencia al posible uso de esta metodología en un curso completo, problemas que presentan al utilizar la metodología...

En el caso de los alumnos, los cuestionarios pre-test contenían preguntas sobre la calidad de sus clases de Química, el tipo de conocimiento adquirido y sobre qué aspectos ellos consideran que debe tener una buena clase de Química. Los cuestionarios post-test contenían preguntas sobre los cambios percibidos cuando el docente usó la metodología de ChiK en comparación con el resto del curso.

Para los alumnos se evaluaron las siguientes categorías:

- Motivación. Los siete ítems de esta categoría se centran en si las clases fueron interesantes, si pudieron seguir las explicaciones sin problemas, si se ha fomentado su curiosidad…
- Interdisciplinariedad y enseñanza basada en contextos. Aquí hay cinco ítems que miden la relación que hay entre lo que los alumnos han visto en clase y su vida diaria, si hay conexiones con los contenidos de otras asignaturas…
- Aprendizaje autodirigido y cambios en la forma de trabajar en las clases de Química. Los ocho ítems de esta categoría hacen referencia a cómo el profesor dirige la clase de Química y al fomento del aprendizaje autodirigido de los alumnos.

En total 165 alumnos de diez clases distintas cumplimentaron ambos cuestionarios.

Además de los cuestionarios, realizamos entrevistas personales a todos los profesores y a 22 alumnos después de que hubieran utilizado la unidad didáctica de ChiK. Las entrevistas se usaron para profundizar en algunas respuestas de los cuestionarios así como para recopilar información que no pudimos medir con ellos.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. ARGENTINA

Los docentes perciben un aumento en la motivación de los alumnos, y consideran positivamente el poder trabajar con el contexto del petróleo de una forma interdisciplinar. También señalan que las actividades propuestas en el material de ChiK son muy atractivas.

Sin embargo, señalan que uno de los mayores problemas para que una metodología como ChiK pueda usarse en Argentina es que el currículo de Química en educación secundaria está saturado. Además, la carga de trabajo de un profesor de escuela secundaria en Argentina es tan excesiva (pueden llegar a impartir 40 horas lectivas por semana en diferentes colegios) que disponen de muy poco tiempo para preparar una unidad didáctica según esta metodología.

### 3.2. ESPAÑA

#### 3.2.1. *Alumnos*

En los resultados de los cuestionarios de los alumnos, los valores de las categorías «motivación» y «participación y aprendizaje autodirigido» de los cuestionarios pre y post-test muestran diferencias notables, con valores más altos en el post-test, lo que significa un cambio positivo en ambas categorías (*tabla 1* y *figura 1*).

| | | Pre-test | | | Post-test | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Categoría** | **Ítems** | **Media** | **Desviación estándar** | **Fiabilidad [α]** | **Media** | **Desviación estándar** | **Fiabilidad [α]** |
| Motivación | 7 | 2,68 | 0,56 | 0,81 | 3,04 | 0,53 | 0,78 |
| Estructura basada en contextos | 5 | 2,62 | 0,54 | 0,71 | 2,79 | 0,49 | 0,62 |
| Aprendizaje autodirigido | 8 | 2,47 | 0,36 | 0,55 | 2,87 | 0,37 | 0,62 |

*Tabla 1.* Resultados de los alumnos en los cuestionarios pre-test y post-test.

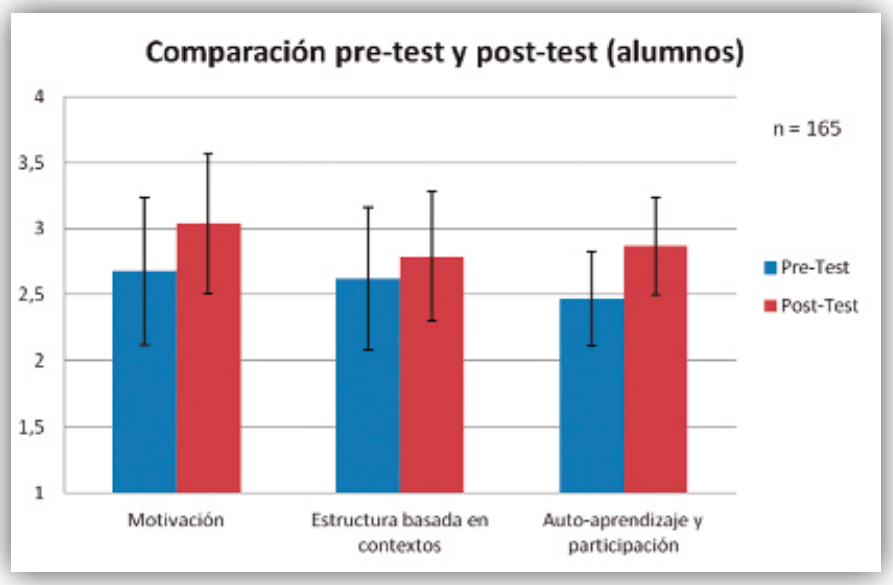



*Figura 1.* Comparación de los resultados pre-test y post-test de los alumnos

De este modo, en la categoría de motivación, ítems como «el tiempo se me ha pasado más rápido en estas últimas clases» (el valor fue 0,68 mayor en el post-test) o «creo que estas últimas clases de Química han sido muy interesantes» (0,53 mayor en el post-test) muestran que los alumnos prefieren clases en las que se utiliza la metodología de ChiK.

En la categoría de «aprendizaje autodirigido y participación» hay respuestas llamativas, como por ejemplo «en estas clases de Química hemos sido capaces de conseguir información por nosotros mismos sobre un tema particular» (0,39 mayor en el post-test) o «en estas últimas clases de Química hemos sido capaces de planificar experimentos y actividades de manera independiente» (1,14 mayor en el post-test).

Con respecto a la categoría «estructura basada en contextos e interdisciplinariedad», solo hay un ítem con una diferencia especialmente interesante entre los valores del pre-test y el post-test. El ítem «creo que si las clases de Química se hicieran durante todo el curso como han sido en estas últimas semanas, podría entender mejor algunos de los problemas que afectan a la sociedad» tiene en el post-test un valor 0,55 mayor que en el pre-test.

Las entrevistas personales estuvieron en línea con los resultados obtenidos en los cuestionarios. Varios alumnos definen las clases en las que se emplea la metodología de ChiK como «más dinámicas». Otros señalan que «no resulta tan fácil distraerse en clase». A la hora de estudiar para un examen, «es más fácil recordar lo que hemos visto en las clases de Química» después de usar la unidad didáctica de ChiK. Asimismo «se sienten motivados si el profesor no les dirige tanto». Casi todos los alumnos señalan que es muy positivo «el aumento de las sesiones de trabajo en el laboratorio».

### 3.2.2. *Docentes*

A la hora de analizar los resultados de los docentes (*tabla 2* y *figura 2*) es importante señalar dos aspectos: en primer lugar, como solo participaron cuatro docentes en esta fase del proyecto, la evidencia estadística es baja, por lo que no calculamos desviaciones estándar ni significancia estadística. En segundo lugar, como los cuestionarios pre-test se utilizaron antes de que los docentes pudieran utilizar la metodología ChiK, el resultado del pre-test muestra las expectativas de los docentes. Por ejemplo, en el pre-test, el ítem «espero que con la ayuda de esta concepción pueda aumentar la motivación y el interés de mis alumnos en las clases de Química» tiene un valor de 3,75 sobre 4. En el post-test, el ítem «tengo la sensación de que la motivación y el interés de mis alumnos aumenta al utilizar unidades didácticas que

siguen la metodología de ChiK» tiene un valor medio de 3,25. Esto significa que, aunque la motivación de los alumnos aumentó con la unidad didáctica de ChiK, este aumento no fue tan grande como los docentes esperaban en un principio.

| Categoría | Ítems | Media (Pre-test) | Media (Post-test) |
|---|---|---|---|
| Características de ChiK | 8 | 2,97 | 3 |
| Cambios en los alumnos | 10 | 2,93 | 3,13 |
| Cambios en los docentes | 8 | 3,13 | 2,98 |
| Viabilidad | 8 | 2,59 | 2,09 |

*Tabla 2.* Comparación de los pre-test y post-test de los docentes.

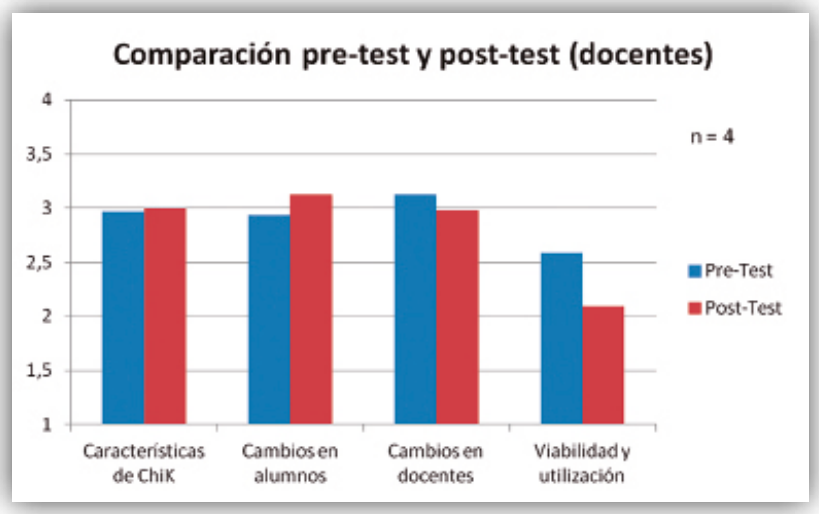



*Figura 2.* Comparación de los resultados pre-test y post-test de los docentes.

Los resultados de los cuestionarios para las categorías de «características de la metodología», «cambios en los alumnos» y «cambios en los docentes» presentan un valor medio cercano a 3, tanto en los pre-test como en los post-test, lo que indica que los docentes tenían altas expectativas en la metodología antes de empezar a utilizarla, y que esas expectativas se vieron cumplidas tras utilizar la metodología de ChiK.

En la categoría de «utilización y viabilidad» hay un descenso considerable en los valores obtenidos en el post-test. Todos los docentes creen que en las condiciones actuales que existen en España, esta metodología no se podría aplicar de una manera continua durante todo el curso, debido principalmente a una falta de tiempo (el contenido del currículo de Química es muy extenso) y de recursos (principalmente de personal), ya que se necesita un profesor extra cuando una clase grande (de más de 22 alumnos) utiliza el laboratorio. Sin embargo, en las entrevistas personales indicaron que sería posible utilizar esta metodología en unidades didácticas puntuales de manera esporádica.

Todos los docentes indicaron en sus entrevistas que sus alumnos estuvieron más motivados al utilizar la metodología de ChiK.

Tres de los docentes indicaron que les resultaría útil poder participar en un taller de ChiK, donde pudieran intercambiar ideas con sus colegas y así tratar de mejorar sus habilidades al utilizar la metodología de ChiK.

## 4. Conclusiones

Los resultados empíricos que hemos encontrado al utilizar esta metodología en España están en línea con los que se obtuvieron en Alemania cuando se midió la eficacia de ChiK. Allí también se encontró un aumento de la motivación en alumnos[3], un aumento en la diversidad en los métodos de enseñanza utilizados por los docentes y se evidenció que el docente no perdía el control de la clase durante las actividades dirigidas por los alumnos[4], y que los alumnos son conscientes de que están inmersos en un proceso de aprendizaje autodirigido[5].

En España, tanto los docentes como los alumnos coinciden en que el uso de la metodología y de los materiales contextualizados ha sido positivo para este primer año de proyecto.

Encontramos diferencias relevantes en las categorías de «motivación» y «participación y aprendizaje autodirigido» en los cuestionarios pre-test y post-test de los alumnos. Estas diferencias se corroboraron con las entrevistas que mantuvimos con ellos después del uso de la unidad didáctica de ChiK. Los aspectos más destacables para los alumnos cuando su profesor usó una unidad didáctica de ChiK fueron los siguientes:

- Hay un aumento en su motivación.
- Encontraron muy positivo el aumento de las actividades de laboratorio.
- Pudieron trabajar de una manera más autodirigida.
- Consideran muy atractivo el uso de diferentes tipos de actividades.

Las altas expectativas que mostraron todos los docentes en los cuestionarios pre-test para las categorías de «características de la metodología ChiK», «cambios en los alumnos» y «cambios en el docente» se corroboraron al implementar la unidad didáctica de ChiK. Los docentes consideran que los aspectos más positivos son:

- Un aumento en la motivación de los alumnos cuando usan esta metodología.
- El uso de una metodología que fomenta un proceso de aprendizaje autodirigido no implica que el docente pierda control sobre la clase.
- La percepción que tienen los alumnos sobre la relevancia de la química aumenta al conectar la química con su vida diaria.

El aspecto más negativo para los docentes es que se muestran escépticos sobre la posibilidad de usar una metodología como ChiK de manera continua con el actual plan de estudios en España. Indican que la gran extensión del currículo y la falta de recursos (principalmente de personal) son los dos factores principales que dificultan su uso de una manera continua. Sin embargo, se muestran favorables a usar la metodología ChiK en unidades didácticas específicas.

Otro aspecto reseñable es que ninguno de los docentes que participaron en el proyecto en España pudo aplicar las cuatro fases de la metodología de ChiK durante la unidad didáctica. Todos ellos señalaron que les resultó difícil fomentar las preguntas de los alumnos durante la fase de contacto, normalmente

---

[3] 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, pp. 1041-1062.

[4] 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.

[5] Di Fuccia, D.; Schellenbach-Zell, J. y Ralle, B. (2007). Chemie im Kontext: Entwicklung, Implementation und Transfer einer innovativen Unterrichtskonzeption, MNU, 60, pp. 274-282.

por el desconocimiento sobre el tema por parte de los alumnos. Esto propició que las preguntas que plantearon los alumnos rara vez se utilizaran en la fase de preparación para preparar las actividades de la siguiente fase. Un estudio en Alemania[6] obtuvo unas conclusiones parecidas al evaluar la implementación de la metodología ChiK.

Uno de los mayores problemas que encontramos al presentar y utilizar los materiales de ChiK en España y Argentina es que los docentes no suelen tener experiencias previas en la utilización de unidades didácticas basadas en contextos. A esto habría que sumarle que una metodología como ChiK tiene algunas características, como la estructura de cuatro fases de las unidades didácticas, que pueden entrañar dificultad para docentes que no están habituados a usar este tipo de metodologías.

Podemos señalar que una metodología tan ambiciosa como ChiK puede ser difícil de aplicar de una manera completa, por los problemas comentados que suponen la aplicación de las cuatro fases propuestas para cada unidad didáctica. Además, de acuerdo a las opiniones de los docentes consultados en Argentina así como de aquellos que usaron la metodología en sus clases en España, la aplicación de una manera continuada durante todo el curso no es posible, por problemas de tiempo debido a lo extenso del currículo. Pero a pesar de estos dos inconvenientes, tanto los docentes como los alumnos se muestran entusiasmados con el uso de contextos en sus clases de Química.

Esto nos permite concluir que, aunque la metodología ChiK no se pueda aplicar en toda su extensión durante un curso completo, al menos mientras no haya cambios en la estructura del currículo de Química en ambos países, sí que sería posible su utilización en unidades didácticas puntuales para utilizar más a menudo contextos en las clases de Química. La opinión de los docentes españoles que han utilizado la metodología va en este sentido, y abogan por la utilización de la metodología de ChiK en unidades didácticas aisladas dentro del curso de Química.

[6] VOS, M. (2010). *Interaction between teachers and teaching materials: on the implementation of a context-based chemistry education*. Eindhoven University of Technology Library, pp. 103-138.

# Conocimiento social de la evolución y biología humanas: estado de la cuestión y propuestas para una actualización de contenidos curriculares en la enseñanza secundaria y universitaria

Rafael Tomás, Carlos Varea

*Comisión Docente de Antropología Física, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid (Despacho B-110). Edificio de Biología, c/ Darwin, 2 - 28049 Madrid*
rafa.antropo@gmail.com

**Palabras clave:** Conocimiento social de la ciencia, evolución y biología humanas, antropología física, didáctica de las ciencias naturales.

**Key Words:** Social knowledge of science, evolution and human biology, physical anthropology, teaching of natural sciences.

**Resumen**

Una mirada al discurso común y las imágenes populares en torno al origen y la diversidad biológica humana muestra el carácter frecuentemente incompleto de dicho conocimiento, que, en numerosos casos, se presenta cargado de errores y falsos mitos respecto a las ideas sobre nuestra naturaleza e historia evolutiva. Una encuesta recogida en los cursos académicos 2012-13 a 2015-16 a los y las estudiantes del Grado de Antropología Social y Cultural en la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) con objeto de evaluar su grado de interés y conocimiento inicial respecto a la asignatura de Antropología Física, incluida como troncal dentro de su plan de estudios, pone de manifiesto cómo la oposición ampliamente extendida entre estudios de *Ciencias* y de *Letras* es proyectada a la escisión consolidada y asumida por los y las estudiantes entre las disciplinas antropológicas en nuestro país: Antropología Física *vs* Antropología Social y Cultural. Tales actitudes, junto a las carencias observables en un repaso a los contenidos curriculares de las enseñanzas en la educación preuniversitaria y universitaria de nuestro país, muestran la necesidad de revisar y actualizar los contenidos relativos a estos campos en los niveles de educación obligatoria, y su promoción en el marco de la educación superior, como estrategia didáctica orientada a mejorar el grado de conocimiento social respecto a la biología, evolución y variabilidad de nuestra especie.

**Abstract**

A look at common discourse and popular images around the origin and human biodiversity shows the incomplete knowledge of these themes, which in many cases comes loaded with errors and misconceptions regarding ideas about our nature and evolutionary history. A survey during the academic courses 2012-13 to 2015-16 to the students of the degree of Social and Cultural Anthropology at the

Autónoma University of Madrid (UAM), assessed their degree of interest and initial knowledge about the subject of Physical Anthropology. The answers shows how the popular opposition among studies of *Sciences* and *Arts* is projected and assumed by the students in the classification of anthropological disciplines in our country: Physical Anthropology vs Social and Cultural Anthropology. These attitudes united to the weak presence of the anthropological and evolutionary topics in the contents of the teaching in pre-university and university education in our country, show the need to revise and update the contents related to these fields in the levels of compulsory education, and its promotion in the context of university education, as a teaching strategy to improve the level of social knowledge about the biology, evolution and variability of our species.

## INTRODUCCIÓN

La investigación en Antropología Física en sus ámbitos de estudio sobre la Evolución y Biología Humanas durante la segunda mitad del siglo XX ha realizado importantes contribuciones académicas y sociales, tales como la sustitución del pensamiento tipológico (base del racismo científico) por los esquemas poblacionales y su crítica del concepto de raza en Antropología, o la redefinición de los modelos y concepciones de la filogenia humana desde las simplificaciones reduccionistas a nuevos esquemas no lineales y abiertos que permiten una comprensión de la complejidad y diversidad humanas. Tales avances en la investigación han aportado concepciones y enfoques nuevos para la interpretación de las realidades biológicas y socioculturales humanas, desde el prisma de la interacción biocultural y la plasticidad humanas[1].

La incorporación del conocimiento moderno sobre evolución y diversidad humanas a los diseños curriculares, a la actividad docente de los educadores, a las prácticas profesionales de los científicos y al discurso de los comunicadores sociales contribuirá a mejorar el nivel de conocimiento general sobre nuestros orígenes y características (biológicas, culturales, ecológicas y evolutivas) como especie[2]. Por otra parte, en el plano académico, una mayor difusión y penetración general del conocimiento derivado de la Antropología Física contribuirá a remediar los efectos del divorcio y escisión existente entre las disciplinas ocupadas en el estudio de las múltiples dimensiones del hombre, que durante las últimas décadas del pasado siglo, ha dificultado el trabajo desde perspectivas integradoras en el estudio de la diversidad humana[3, 4, 5].

Sin embargo, a la espera de estos avances, la situación actual describe un limitado e incompleto conocimiento público de la Antropología Física como disciplina, y de los campos incluidos en su objeto de estudio: evolución y variabilidad biológicas humanas. Tal situación de desconocimiento generalizado de los aspectos básicos sobre nuestros orígenes, naturaleza y diversidad, suele aflorar en los comentarios que frecuentemente escuchamos en las charlas cotidianas con familiares o amigos, donde aparecen algunas ideas y representaciones simplificadas con las que la mayoría de la gente expresa sus imágenes de la evo-

---

[1] TOMÁS, R. y VAREA, C. (2014). Antropología Física: aportaciones Fundamentales y Proyecciones como ciencia interdisciplinar. *Encuentros Multidisciplinares*, 48 (16), pp. 49-60.

[2] TOMÁS, R. y VAREA, C. (2016). Percepción social y representaciones de la Antropología Física en estudiantes de Antropología Social y Cultural de la UAM (Madrid, España). En MONTERO, M. P. *et al.* (eds.), *Poblaciones Humanas, Genética, Ambiente y Alimentación*. Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, pp. 332-348.

[3] TOMÁS, R. (2013). Antropología Física o Biología Humana: ¿Un debate cerrado? *ANTROPO*, 29, pp. 69-84.

[4] TOMÁS, R. (2014). Enfoques bioculturales en Antropología Física: antecedentes, desarrollos y posibilidades. En ALONSO, S.; HERVELLA, S. M.; IZAGIRRE, N.; PEÑA, J.A.; REBATO, E. y DE LA RÚA, C. (eds.). *La investigación en Antropología Física: Una mirada al futuro*. Bilbao, universidad del País Vasco, pp. 375-385.

[5] TOMÁS, R. (2016). *El desarrollo de la Antropología Física española en el contexto de la Historia de la Antropología Física y las teorías bioantropológicas europeas y americanas: una historia de contactos, desarrollos paralelos y convergencias*. Madrid, Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Madrid.

lución y la diversidad biológica humana[6, 7, 8]. El fundamento de este discurso popular suele derivarse de un conocimiento incompleto de estas materias y, en ocasiones, de ideas equivocadas aunque ampliamente difundidas sobre nuestra biología y orígenes como especie, que explicitan la confusión de ideas y desorientación en la información que muchas personas manejan sobre la evolución y la variabilidad humana, y que se manifiestan en el discurso común y las representaciones colectivas sobre nuestra naturaleza y origen.

En gran medida, este escaso conocimiento social sobre Biología y Evolución Humanas tiene su origen como factor clave de la situación existente en el panorama presente de la enseñanza de los temas antropológicos y evolucionistas dentro de los contenidos y programaciones de la educación secundaria y universitaria española[9, 10, 11, 12], lo que junto al escaso reconocimiento y apoyo institucional general, y en particular por parte de las Administraciones Públicas con competencia en Política Educativa, han contribuido al actual estado de la cuestión. Así, una revisión de contenidos en las materias incluidas en el área de Ciencias Naturales de los niveles de las enseñanzas básicas y de secundaria muestra el reducido espacio dedicado a estos temas en sus programas. De modo añadido, el panorama de las enseñanzas de materias del área de la Antropología Física en la educación universitaria tampoco describe una presencia reseñable de tales materias, salvo como es lógico, en los planes de estudios de Biología. Cabe destacar la muy escasa presencia de estas materias en otras titulaciones de Ciencias de la Naturaleza (Geología, Ciencias Ambientales…) y en las Ciencias Biomédicas y de la Salud (Medicina, Odontología, Enfermería, Nutrición, Fisioterapia…), así como una prácticamente nula presencia de tales contenidos en el ámbito de las Humanidades (Filosofía, Pedagogía…) y de las Ciencias Sociales y del Comportamiento (Psicología, Sociología, Antropología Social y Cultural, Arqueología…), tan solo recientemente remediada parcialmente en el caso de los estudios de Antropología Social y Cultural y de Arqueología, con la inclusión en algunas universidades de asignaturas en materias como Evolución Humana, Paleoantropología, Bioarqueología, Antropología Física y Antropología Biológica[13, 14, 15].

Trabajos recientes han revisado la situación y presencia de los contenidos relacionados con la Biología y Evolución Humanas en el marco de la enseñanza secundaria[16, 17], así como la señalada inclusión de estos contenidos en planes de estudio específicos como la Antropología Social y Cultural[18]. Carmona[19] revisa

---

[6] Carmona, D. (2007). La Antropología Física y Evolutiva en la enseñanza universitaria: didáctica e investigación. En Roca, C., y Rodes, F. (eds.). *Actas de las Jornadas de Antropología Física y Forense*. Alicante, Instituto Alicantino de Cultura Juan Gil-Albert, pp. 125-130.

[7] Tomás, R. (2016), p. 2.

[8] Tomás, R. y Varea, C. (2016), p. 2.

[9] Balvanera, P. (1995). La enseñanza de las Ciencias Biológicas. *Perfiles Educativos*, 68, pp. 77-41.

[10] Castilla, G. y De La Iglesia, A. (2008). ¿Qué saben de Paleontología los estudiantes universitarios? *Palaeontologia Nova SEPAZ*, 8, pp. 165-173.

[11] Marco, S. y Ordóñez, M. (2009). La Evolución Biológica en la Educación secundaria. *Eubacteria*, 22, [en línea], disponible en: http://www.um.es/eubacteria/darwin_secundaria.pdf [consultado el 15/03/2016].

[12] Marrodán, M. D.; Herráez, A. y González, M. (2011). Enfoques formativos de Biodiversidad Humana para Secundaria y Bachillerato. En González, M. y Baratas, A. (eds.). *Investigación y didáctica para las aulas del Siglo XXI: Actas del I Congreso de Ciencias de la Naturaleza*. Madrid, Santillana.

[13] Tomás, R. (2012). Notas sobre la Historia de la Antropología Física en España: diálogos entre Antropología, Prehistoria y Arqueología en las distintas fases de formación de la Antropología Física española. *Arqueo-UCA*, 2, pp. 125-138.

[14] Tomás, R. (2013), p. 2.

[15] Tomás, R. (2016), p. 2.

[16] Marco, S. y Ordóñez, M. (2009), p. 3.

[17] Sussanne, C. (2004). ¿Están la enseñanza de la Biología y la Evolución (Humana) en peligro? *ANTROPO*, 8, pp. 41-47.

[18] Carmona, D. (2007), p. 3.

[19] Carmona, D. (2007), p. 3.

aspectos relacionados con la recepción de la asignatura de Antropología Física por los alumnos de la licenciatura de Antropología Social y Cultural, así como sobre las representaciones que transmiten de su objeto y métodos de trabajo, en las que se reproducen ideas populares como la vinculación casi automática entre Antropología Física y el estudio de los restos humanos, o la confusión respecto a los aspectos de su ámbito de trabajo percibidos de modo compartido y/o solapado con ciencias afines como la Prehistoria, la Paleontología o la Medicina Forense.

En el ámbito anglosajón, donde la Antropología Física se encuentra integrada en distintos planes y niveles de estudio, la experiencia de la enseñanza de evolución y variabilidad humanas en distintos planes de estudios ha sido ampliamente analizada[20, 21, 22, 23], y ha dado lugar a la elaboración de recursos y guías docentes para la enseñanza de la evolución, biología y variabilidad humanas, así como de sus distintos métodos de estudio (morfológicos, antropométricos, paleoantropológicos, osteológicos, forenses, biológicos, ecológicos, moleculares y genéticos) en el marco de la enseñanza general y específica de distintos itinerarios formativos[24, 25].

## La Evolución y Biología Humanas en la enseñanza secundaria y superior en España: revisión de planes y contenidos

La revisión de las programaciones en la enseñanza secundaria y de bachillerato, y en los planes universitarios de nuestro país, muestra la escasa atención dedicada a los temas antropológicos y evolucionistas[26]. Y, paralelamente, una visión del conocimiento popular sobre cuestiones relativas a nuestra naturaleza y orígenes muestra un conocimiento incompleto y con frecuentes errores de concepto en torno a la evolución y biología de nuestra especie, así como ideas equivocadas y parciales sobre el objeto y ámbito de la Antropología Física como disciplina[27].

En un repaso al estado general de los contenidos sobre Evolución y Biología Humanas incluidos en los programas de las asignaturas del área de Ciencias Naturales en Educación Secundaria Obligatoria (*tabla 1*), observamos la reducida atención dedicada en sus programaciones a los temas relacionados con los ámbitos de la Biología Evolutiva y la Antropología Física[28, 29, 30]; un planteamiento que puede

---

[20] ASHMORE, P. y HART, D. (2010). Challenging university students' concepts about race. En STRKALJ, G. (ed.), *Teaching Human Variation: Issues, Trends and Challenges*, London. Nova Science Publ. Inc., pp. 81-100.

[21] KIRKPATRICK, S.; LUND, L. D. y LONDON, M. R. (2013). The Art of Teaching Anthropology: Examples from Biological Anthropology. En KIRKPATRICK, S.; LUND, L. D. y LONDON, M. R. (eds.), *The Art of Teaching Anthropology*, London, Royal Anthropological Institute (RAI), pp. 303-354.

[22] RICE, P. C. (2010). An In-class Exercise on Human Variation. En STRKALJ, G. (ed.), *Teaching Human Variation: Issues, trends and challenges*. New York, Nova Science Publishers, pp. 61-79.

[23] RICE, P. C. y MCCURDY, P. W. (2007). *Strategies for Teaching Anthropology*. New Jersey, Pearson.

[24] A.A.A. (2013). *AnthroGuide 2013-2014. Resources for Teachers*. American Anthropological Association (CD).

[25] MANDELBAUM, D. G.; LASKER, G. W. y ETHEL, M. A. (1963). *Resources for the Teaching of Anthropology*. Berkeley, University of California Press.

[26] MARRODÁN, M. D.; HERRÁEZ, A. y GONZÁLEZ, M. (2011), p. 3.

[27] CARMONA, D. (2007), p. 3.

[28] CAMPO, J.; MOLINA, N.; NADAL, M. A. y SERRANO, M. P. (1997). Las materias propias de la modalidad de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud. En *Formación de Profesores de Educación Secundaria: Didáctica de Ciencias Naturales*, Madrid, Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Complutense de Madrid, pp. 69-79.

[29] MARRODÁN, M. D.; HERRÁEZ, A. y GONZÁLEZ, M. (2011), p. 3.

[30] RUIZ, R; ÁLVAREZ, E.; NOGUERA, R. y ESPARZA, M. S. (2012). Enseñar y Aprender Biología Evolutiva en el Siglo XXI. *Biografia: Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 5 (9), pp. 80-88.

vincularse en parte con las dificultades didácticas ligadas a la utilización de conceptos y explicaciones evolucionistas dentro de la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza, durante estas etapas del desarrollo cognitivo de los alumnos, que añade una complicación adicional a la difusión de los conocimientos básicos en estos campos[31].

| Curso | Asignatura | Temas con orientaciones evolucionistas y/o antropológicas | Principales apartados relevantes |
|---|---|---|---|
| 1.º ESO | Biología y Geología | Biodiversidad e historia de la vida en la Tierra. | Fósiles e historia de la vida. |
| 2.º ESO | Biología y Geología | No se incluyen. | No se incluyen. |
| 3.º ESO | Biología y Geología | Alimentación y nutrición humanas.<br>El ser humano y el medio ambiente. | Valoración del IMC.<br>Impacto de las actividades humanas en los ecosistemas. |
| 4.º ESO | Biología y Geología | Evolución y origen de la vida.<br>Las bases de la herencia.<br>Genética molecular. | Teorías evolucionistas.<br>Evolución humana.<br>Herencia biológica.<br>Genética humana. |

*Tabla 1.* Revisión de la presencia de contenidos con orientaciones evolucionistas y/o antropológicas en las programaciones de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO).

Respecto a la situación de estas materias en el nivel de las enseñanzas de Bachillerato (*tabla 2*), se observa que aunque los contenidos crecen en amplitud de temas respecto a la etapa previa, sin embargo, la presencia de contenidos de materia evolucionista y/o antropológicos se ve limitada exclusivamente a los alumnos que cursan la especialidad del Bachillerato de Ciencias de la Naturaleza y la Salud.

| Curso | Asignatura | Temas con orientaciones evolucionistas y/o antropológicas | Principales apartados relevantes |
|---|---|---|---|
| 1.º Bachillerato | Biología y Geología (optativa) | Historia de la Tierra y de los seres Vivos. | Biodiversidad y evolución.<br>Teorías de la evolución. |
| 2.º Bachillerato | Biología (optativa) | La Herencia. Genética Molecular. | Genética y evolución.<br>Genética de poblaciones.<br>Genética humana. |
| | Biología Humana (optativa) | Origen y evolución del ser humano.<br>El mantenimiento del cuerpo: la salud y la enfermedad. | Origen y evolución de la especie humana.<br>Salud y medio ambiente.<br>Factores determinantes de la salud. |

*Tabla 2.* Revisión de la presencia de contenidos con orientaciones evolucionistas y/o antropológicas en las programaciones de Bachillerato.

Más allá de estas programaciones didácticas dentro de la especialidad de Bachillerato de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud, la única presencia en otras especialidades de Bachillerato de contenidos dedica-

[31] López, A. (1996). La explicación teleológica en la enseñanza y aprendizaje de la biología. En Carretero, M. (ed.), *Construir y enseñar. Las Ciencias Experimentales*. Buenos Aires, Aique, pp. 153-172.

dos a aspectos de la evolución y variabilidad biológica humana se encuentra ligada a las breves referencias que encontramos a estas cuestiones incluidas dentro de la asignatura optativa de Ciencias para el Mundo Contemporáneo. Así, los temas dedicados a la evolución y biodiversidad, y su extensión al caso de la especie humana, se concentran, fundamentalmente, en las asignaturas de Biología y Geología y Biología del primer y segundo curso de Bachillerato, respectivamente.

Con carácter excepcional, algunas Comunidades Autónomas (Cataluña, Comunidad Valenciana y Canarias) han incorporado una asignatura optativa de Biología Humana en la que, si bien se incluyen aspectos introductorios sobre origen y evolución humana, el núcleo de sus contenidos se centra en la enseñanza descriptiva de temas generales de Anatomía y Fisiología Humana, con una escasa orientación hacia sus aspectos ecológicos y evolucionistas, o las orientaciones antropológicas de la biología de poblaciones humanas.

Por su parte, en lo concerniente al nivel de la educación universitaria, la dedicación a la enseñanza de la Antropología Física aparece restringida a los planes de Biología, y no siempre con asignaturas específicas dedicadas a estas materias. El déficit de estas enseñanzas en las Ciencias de la Salud y del Comportamiento resulta especialmente destacable, privando a los estudiantes de estas disciplinas de las posibilidades ligadas a las aproximaciones evolucionistas y multidimensionales (bio-psico-sociales) en el estudio de la compleja realidad humana.

Junto a este panorama del sistema educativo, y muy posiblemente relacionado con él, observamos cómo, con carácter general, se mantienen esquemas e imágenes populares ampliamente difundidos, con los que la gente expresa sus conocimientos y representaciones de la evolución, la diversidad humana y la Antropología como ciencia dedicada al estudio de la variación biocultural humana en el tiempo y el espacio.

## Investigación en el aula: encuesta a alumnos universitarios

En una experiencia de investigación en el aula realizada con estudiantes universitarios del ámbito de las Ciencias Sociales (Grado de Antropología Social y Cultural) se consultó a los alumnos de la asignatura de Antropología Física, obligatoria del segundo curso del Grado de Antropología Social y Cultural, si consideraban adecuado, y por qué, incluir la enseñanza de esta materia dentro de su plan de estudios.

La encuesta se aplicó entre los cursos académicos de 2012/13 a 2015/16, a los estudiantes de la asignatura obligatoria de Antropología Física del segundo curso del Grado de Antropología Social y Cultural de la Universidad Autónoma de Madrid, con una muestra total de 146 alumnos de ambos sexos. A los cuales se planteó como cuestión única la pregunta: «¿Por qué crees que se debe estudiar una asignatura de Antropología Física en el Grado de Antropología Social y Cultural?».

A través de la codificación y el análisis de las respuestas obtenidas se observó que, como actitud mayoritaria hacia la Antropología Física, predominan las posturas receptivas en un 56,8 % (n = 83) y, en menor medida, pasivas o indiferentes con un 39 % (n = 57); y de modo residual, las resignadas o desinteresadas en un 4,2 % de casos (n = 3).

Respecto al grado de interés expresado en las respuestas hacia la Antropología Física, la actitud manifestada por la disciplina se expresa de un modo ambiguo o indiferente en un 55,48 % (n = 81) de los casos, interesado o expectante para el 39,73 % (n = 58), y de modo minoritario, con desinterés o antipatía en un 4,79 % (n = 7) de las respuestas. Entre los encuestados interesados por la disciplina, el 17 % (n = 25) valora positivamente la Antropología Física por su contribución a la comprensión de los procesos de adaptación al entorno.

El análisis cualitativo del discurso expresado en las respuestas a la pregunta abierta planteada muestra como los estudiantes reproducen algunos de los principales prejuicios y errores de concepto respecto a la Antropología Física como disciplina y de su objeto de estudio, la Evolución y Biología Humanas, fre-

cuentemente presentes en el discurso popular[32, 33]. En esta dirección, los conocimientos y percepciones reflejados en la encuesta a estudiantes de la Universidad Autónoma de Madrid reiteran un conocimiento incompleto de la disciplina, así como errores y confusión en conceptos básicos, que son expresados en imágenes y prejuicios sobre esta como: a) la equiparación de Antropología Física exclusivamente con el estudio del pasado y/o de restos óseos; b) una frecuente identificación de la Antropología Física con sus aplicaciones en Antropología Forense; c) la ausencia de vinculación entre el objeto de la disciplina y los estudios de poblaciones humanas históricas o contemporáneas no esqueléticas; y d) cuando se justifica la relativa distancia respecto a la Antropología Física, basándose en una oposición percibida entre estudios de *Ciencias* y de *Letras*, y en ocasiones, apoyada en ciertos prejuicios erróneos que asocian Antropología Física y determinismo genético (del comportamiento humano).

Algunas de estas valoraciones erróneas de los alumnos llevan a que, una vez introducidos en la asignatura, surja en algunos casos la sensación de confusión frente a la amplitud del campo de estudio, la continua aparición de descubrimientos y datos sobre la evolución y variabilidad humanas, y la inseguridad que produce a estudiantes sin formación científica previa enfrentarse a los procedimientos y métodos de trabajo de la disciplina. Todo lo cual contribuye a reforzar actitudes de recelo o distancia frente a la asignatura, que hacen más difícil en estas situaciones al alumno superarla.

Así, los resultados derivados de los datos recabados mediante la encuesta a estudiantes universitarios de Antropología Social y Cultural, y de la revisión del panorama de la enseñanza de los contenidos ligados a esta área de conocimiento en los distintos niveles educativos del sistema español, se pueden resumir en:

- Un bajo conocimiento e interés general por estas materias, extensivo a las Administraciones Públicas (y educativas en particular).
- Escasa presencia de estas materias en los distintos niveles educativos.
- Una imagen y conocimiento de la Antropología Física por parte de la muestra de estudiantes encuestada, incompleta y con numerosos errores de concepto.

A modo de propuestas dirigidas a mejorar la situación identificada en las imágenes generales de la disciplina y de su objeto de estudio, se propone introducir contenidos ligados a la Antropología Física, y concretamente, sobre aspectos aplicados de los conocimientos sobre Evolución y Biología Humanas, como formación básica, dentro de las programaciones de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato[34]. Así como una mayor presencia de estas materias en la enseñanza universitaria, incorporando los enfoques evolucionistas y consideraciones a la diversidad y pluridimensionalidad humana en la enseñanza de las Ciencias Biomédicas, Sociales y del Comportamiento, en las que la formación en materias de Antropología Física y Biología Humana aporta la introducción de aproximaciones evolucionistas y la consideración de la diversidad y variabilidad humana en las perspectivas estándar de las Ciencias Biomédicas, Sociales y del Comportamiento, como enfoques de interés para el estudio de los procesos de salud-enfermedad, el comportamiento humano y los procesos de adaptación biocultural; contribuyendo a consolidar marcos integradores en el estudio del bienestar y la calidad de vida de las poblaciones humanas.

## Discusión y propuestas: propuestas didácticas y de promoción de la enseñanza de la Evolución y Biología Humanas

Entre las estrategias y propuestas orientadas a mejorar el estado general de conocimientos sobre Evolución y Biología Humanas, resulta especialmente interesante la introducción de actividades formativas

[32] Tomás, R. (2016), p. 2.

[33] Tomás, R. y Varea, C. (2016), p. 2.

[34] Marrodán, M. D.; Herráez, A. y González, M. (2011), p. 3.

en el marco de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato, como recursos iniciales y aplicaciones que sirvan para la incorporación al diseño curricular de unidades didácticas que introduzcan a los alumnos en los conceptos básicos sobre nuestra biología, origen y diversidad[35, 36, 37]. La introducción a los alumnos durante esta etapa de su desarrollo cognitivo en conceptos básicos de su propia biología debería tener continuidad, con la inclusión de contenidos más específicos, en materias antropológicas y dedicadas a los diversos aspectos de la Biología Humana, a través de los siguientes niveles educativos; con interesantes aplicaciones particulares en diversos ámbitos como las Ciencias Biomédicas, Sociales y del Comportamiento.

En el marco particular de la enseñanza secundaria y del bachillerato, el trabajo introductorio con materiales de carácter antropológico aporta recursos y ofrece oportunidades para el acercamiento a conceptos básicos sobre el origen, evolución, variabilidad y biología de nuestra especie[38, 39]. En particular, el uso de técnicas antropológicas de observación y medición de la variabilidad humana acerca al alumno a la comprensión significativa de la biodiversidad humana. Y la reflexión en torno a estos temas y sus aspectos éticos puede suscitar en el alumno perspectivas distintas de la realidad humana, y actitudes frente a la posición biocultural y ecológica del ser humano, ligadas al conocimiento antropológico.

Por ello, se propone la inclusión de contenidos para el estudio de la Biología y Evolución Humanas en las programaciones de enseñanza secundaria y bachillerato, como medio para mejorar el conocimiento introductorio respecto a conceptos básicos relativos a nuestra biología (crecimiento y desarrollo, ciclo vital…), origen y evolución del ser humano, variabilidad y diversidad biológica, así como sobre el objeto, los métodos de trabajo y aplicaciones de la Antropología Física[40]. El uso de estos materiales y contenidos en las programaciones de la enseñanza secundaria resultan de especial utilidad con relación a objetivos asociados a:

a) Un mejor conocimiento general de la disciplina y su campo de estudio.
b) La consideración de las perspectivas ecológica y biocultural en el estudio de la diversidad y evolución humana.
c) La aceptación de la variabilidad, la adaptabilidad y el ciclo vital humano como pilares de la evolución y biología humanas.

En el plano de los objetivos procedimentales, el uso de las técnicas antropológicas y antropométricas ofrece la oportunidad de una introducción del alumno en los procedimientos y métodos de trabajo científico, tales como la observación, medición y el análisis de datos (adaptados a las características y niveles del alumnado).

Con respecto a los objetivos actitudinales ligados a la introducción del alumno en las perspectivas antropológicas y evolucionistas en el ámbito de la didáctica de las Ciencias Naturales, cabe señalar las posibilidades de aplicación de estos contenidos a la comprensión y reflexión en torno a la realidad humana, su naturaleza y su lugar en relación al resto de seres vivos, contribuyendo con ello a derrumbar falsos estereotipos y prejuicios racistas y antropocéntricos, así como a redefinir desde perspectivas poblacionales y

---

35 MARRODÁN, M. D.; HERRÁEZ, A. y GONZÁLEZ, M. (2011), p. 3.

36 SUSSANNE, C. (2004), p. 4.

37 VELA, P. (1998). Unidades didácticas III: El origen del ser humano. En *Formación de Profesores de Educación Secundaria: Didáctica de Geografía e Historia*. Madrid, Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Complutense de Madrid, pp. 227-239.

38 MARRODÁN, M. D.; HERRÁEZ, A. y GONZÁLEZ, M. (2011), p. 3.

39 VELA, P. (1998), p. 10.

40 TOMÁS, R. y VAREA, C. (2014), p. 2.

fundadas en la diversidad biológica y sociocultural de nuestra especie, las concepciones de nuestro lugar en la naturaleza y relación con el resto del especies. Desde estas aportaciones, los enfoques antropológicos y eco-evolucionistas de nuestra especie contribuirán a asentar actitudes asociadas con:

a) Una perspectiva poblacional de la diversidad humana centrada en su variabilidad.
b) El respeto frente a la diversidad biológica y social de las poblaciones humanas y sus entornos.
c) Una perspectiva ecológica de las relaciones poblaciones humanas-entorno y la promoción de actitudes conservacionistas y conductas pro-ambientales.

A modo de muestra de las posibilidades del uso didáctico de contenidos y técnicas de la Antropología Física aplicadas a experiencias de aprendizaje significativo en alumnos de los niveles de enseñanza secundaria y bachillerato[41, 42, 43, 44], cabe ilustrar estas posibilidades con el potencial didáctico de estos materiales con relación a las etapas vitales que experimentan los alumnos durante estos años de su desarrollo y maduración, empleando las etapas de la pubertad y la adolescencia como recursos para el aprendizaje de aspectos fundamentales de nuestra biología y variabilidad. Con esta finalidad, a través del uso de contenidos y materiales antropológicos es posible poner en práctica actividades de aprendizaje significativo orientadas al conocimiento y estudio del cuerpo y de sus procesos vitales, la comprensión de los procesos de la pubertad, el crecimiento y desarrollo humano; o la valoración del estado nutricional y la condición física. El recurso al conocimiento del propio cuerpo, además de servir para la asimilación de conceptos sobre nuestra biología, resulta clave en la adquisición de actitudes equilibradas y saludables frente a la vivencia del crecimiento y la maduración biológica, así como en el ámbito de la alimentación y la percepción de la propia imagen corporal. Para estos fines, las técnicas antropométricas constituyen un recurso didáctico polifacético y útil para el autoconocimiento del cuerpo, la educación en hábitos saludables y la prevención de problemas de salud, tal como los asociados a la obesidad y los trastornos de la conducta alimentaria.

## Consideración final

La revisión conjunta del estado general de la enseñanza de la Antropología Física y los aspectos fundamentales sobre Evolución y Biología Humanas en nuestro país, junto con los resultados de la encuesta realizada a una muestra de estudiantes universitarios de la UAM, describen una situación deficitaria respecto a la presencia y penetración social de este campo del saber, que justifica un interés por mejorar e incrementar su presencia en los contextos sociales, educativos y político-administrativos.

La tarea de la difusión y divulgación pública de los conocimientos sobre nuestra biología, origen y diversidad precisará de una promoción de tales contenidos a través de los marcos educativos, con propuestas y actividades atrayentes e innovadoras en las programaciones didácticas de Ciencias Naturales; conjuntamente con la mayor inclusión de estas materias en las enseñanzas universitarias especializadas. Ambas líneas exigirán de un apoyo institucional y académico al área de conocimiento de Antropología Física, que facilite el esperado mayor conocimiento y reconocimiento público de los temas referidos a nuestros orígenes, evolución y variabilidad biológica, y por extensión, de una mayor presencia y visibilidad social de este campo del conocimiento, y de sus posibles ámbitos de aplicación práctica y profesional.

---

41 Carretero, M. (1996). ¿Construir o enseñar la ciencia? En Carretero, M. (ed.), *Construir y enseñar. Las Ciencias Experimentales*. Buenos Aires, Aique, pp. 9-16.

42 Driver, R. y Oldham, V. (1995). El enfoque constructivista del desarrollo curricular en Ciencias. En Porlán, R.; Gracía, J. E. y Cañal, P. (comp.), *Constructivismo y enseñanza de las Ciencias*. Sevilla, Diada Ediciones, pp. 113- 134.

43 Marrodán, M. D.; Herráez, A., y González, M. (2011), p. 3.

44 Spandl, O. P. (1978). *Didáctica de la Biología*. Buenos Aires, Editorial Kapelusz.

# Un proyecto docente: talleres de óptica en el Año Internacional de la Luz

Verónica Tricio Gómez, Ramón Viloria Raymundo

*Departamento de Física, Universidad de Burgos (UBU). Plaza Misael Bañuelos, s/n. Burgos (España)*
vtricio@ubu.es / rviloria@ubu.es

**Palabras clave:** Talleres de óptica, proyecto docente, Año de la Luz, divulgación científica, educación Secundaria.

**Keywords:** Optics workshops, teaching project, Year of Light, scientific diffusion, secondary education.

**Resumen**

Se ha elaborado un proyecto docente como colaboración en el «Año de la Luz» con materiales y demostraciones orientadas a los niveles de educación primaria y secundaria. En este trabajo se presentan los contenidos y metodología de dicho proyecto de comunicación y divulgación denominado *El Día de la Luz*. El programa de acciones se inició en marzo del año 2015 y ha durado hasta febrero de 2016 llevándose a cabo en varias ciudades. Tienen formato de talleres de óptica en siete bloques independientes y las actividades de aprendizaje activo se preparan adaptadas a las necesidades del centro educativo o institución donde se presentan.

**Abstract**

A teaching project, as a collaboration in the «International Year of Light», with resources and demonstrations targeted at primary and secondary education has been developed. In this paper the contents and methodology of this communication and scientific dissemination project called *The Day of Light* are presented. The program began in March 2015 and lasted until February 2016 taking place in several cities. It is presented with optics workshop format in seven independent parts, and active learning activities have been adapted to the needs of the school or institution where they have been presented.

## Introducción

La Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó en su LXVIII sesión el año 2015 como *Año Internacional de la Luz y de las Tecnologías basadas en la Luz*; dicha resolución cuenta con el copatrocinio de 35 países entre los que se encuentra España[1, 2]. Con el estímulo de comunicación de la importancia de

[1] 2015 Año Internacional de la Luz y las Tecnologías Basadas en la Luz, [en línea], disponible en http://www.io.csic.es/ca_noticias.php?Id=96 [consultado el 5/06/2016].

[2] Año Internacional de la Luz 2015, [en línea], disponible en http://www.luz2015.es/index.php [consultado el 3/03/2016].

la luz y sus tecnologías asociadas, los autores de este trabajo también han colaborado en la celebración del *Año de la Luz*. Se ha elaborado un proyecto docente y se han preparado materiales y demostraciones orientadas fundamentalmente a los niveles educativos de educación primaria y secundaria. El proyecto, de nombre *El Día de la Luz*, pretende así alcanzar dos de los objetivos de Año de la Luz: a) mejorar el conocimiento de la sociedad acerca de cómo la luz y sus tecnologías relacionadas afectan a la vida cotidiana y b) desarrollar la capacidad educativa mediante actividades orientadas a la difusión de la cultura científica entre los jóvenes.

Son abundantes los trabajos en los que, a través de la experimentación y mediante un esfuerzo de adaptación pedagógica a los conocimientos físicos y matemáticos de los estudiantes, se pretende profundizar en el estudio de fenómenos físicos más o menos complejos[3]. En concreto, en el campo de la óptica, bien a través de medidas experimentales utilizando materiales caseros[4] o a través del diseño de prototipos y experiencias de cátedra o Clases Demostrativas Interactivas[5]. Estos proyectos educativos citados buscan propiciar, por diversos métodos y a través de la enseñanza, la comunicación y divulgación de la ciencia. En particular, con motivo de la proclamación por parte de la ONU del año 2015 como Año Internacional de la Luz, se inició en España un conjunto ambicioso de actividades relacionadas.

La educación es el medio más adecuado para la adquisición de la cultura científica básica indispensable en el mundo de hoy[6, 7]. En muchos de los proyectos y trabajos divulgativos es habitual destacar la importancia de realizar actividades experimentales al alcance del público (sociedad, profesores, estudiantes, mayores, familias…) al que van dirigidos, al objeto de informar y difundir para que se acerque a la ciencia de un modo amigable e incluso divertido y así propiciar cambios en los hábitos de entender el quehacer científico[8, 9].

Se muestran en los siguientes apartados los contenidos y metodología de dicho proyecto de comunicación y divulgación. *El Día de la Luz* se presenta en un formato taller de siete bloques independientes. Las actividades que se realizan se adaptan a las necesidades del centro educativo o institución en donde se desarrollan. El proyecto ha tenido un público muy variado, abarcando además de estudiantes como principales receptores, profesores y también un público general. La experiencia se ha llevado a cabo previa solicitud de los interesados en siete centros educativos durante el año 2015 y en un centro de arte contemporáneo en el mes de febrero del presente año 2016.

---

[3] CARRERAS, C.; YUSTE, M., y SÁNCHEZ, J. P. (2007). La importancia del trabajo experimental en física: un ejemplo para distintos niveles de enseñanza. *Rev. Cubana de Física*, 24 (1), pp. 80-83.

[4] SZIGETY, E.; VIAU, J. E.; TINTORI FERREIRA, M. A. y MORO, L. E. (2009). Medición del índice de refracción del agua usando materiales sencillos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 6 (1), pp. 146-150.

[5] SOKOLOFF, D. R. (2012). Active learning of introductory optics: Strategies for the US and the developing World. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 6 (I), pp. 16-22.

[6] TRICIO GÓMEZ, V. (2015). Divulgación, Innovación y Difusión: pilares de la enseñanza de las ciencias. Presentación oral de la monografía: *Divulgación. Innovación en la enseñanza de las ciencias. Reflexiones, experiencias y buenas prácticas.* CENIEH (Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana), Burgos.

[7] X Jornadas de Enseñanza de la Física (2015). *Enseñanza y comunicación de la física en el año de la Luz*. TRICIO GÓMEZ, V. (coord.). Burgos, 18 y 19 de septiembre.

[8] TRICIO GÓMEZ, V. y VALDÉS CASTRO, R. (2015). Los científicos y la divulgación de la ciencia. En *Divulgación. Innovación en la enseñanza de las ciencias. Reflexiones, experiencias y buenas prácticas*. Editorial Q Divulgación, pp. 83-111.

[9] QUEIRUGA MIGUEL, A. y TRICIO, V. (2015). Divulgación. Innovación en la enseñanza de las ciencias. En *Libro de Resúmenes de XXXV Bienal de Física, Simposio 25.º Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física*. Editorial RSEF, pp. 548-549.

## PROYECTO DOCENTE *EL DÍA DE LA LUZ*

A comienzo del año 2015 la coordinadora del Grupo de investigación ENFIS de la Universidad de Burgos y autora de este trabajo tuvo la iniciativa de elaboración del proyecto *El Día de la Luz*[10] invitando al otro autor del artículo a participar, ambos como miembros también del Grupo especializado GEEF-RSEF. Posteriormente, el Comité Español del Año de la Luz invitó a la responsable y coordinadora del proyecto en la colaboración de la realización de actividades. En el Informe de Actividades del Año de la Luz en España[11], se lee en la página 9 de su Introducción «… cabe destacar de manera especial las charlas y talleres de divulgación en centros escolares para acercar a los jóvenes el conocimiento de la luz». Uno de ellos es *El Día de la Luz* dentro del apartado de Proyectos Docentes[12], que se mostró (*figura 1*) en el portal oficial del Año de la Luz incluyendo las actividades que se habían realizado hasta el mes de julio[13].




*Figura 1*. El Proyecto Docente en el portal del Año de la Luz.

Se ha comentado ya que *El Día de la Luz* es una actividad docente de comunicación y divulgación[14]. Se puede sintetizar diciendo que son talleres de óptica en los que se presentan y visualizan algunas propiedades de la luz, a través de experiencias de cátedra y participación activa de los alumnos y asistentes. Cada taller se realiza en una sesión de trabajo práctica, para que, a través de los diferentes recursos didácticos el alumnado tenga contacto con experiencias directas y cercanas, relativas a la ciencia de la luz y a sus aplicaciones cotidianas.

[10] El Día de la Luz, [en línea], disponible en http://www.ubu.es/es/depfisica/actividades/dia-luz [consultado el 3/03/2016].

[11] Informe de Actividades, [en línea], disponible en http://www.luz2015.es/documen/20160420Informe_IYL_Spain.pdf [consultado el 3/03/2016].

[12] Proyectos Docentes, [en línea], disponible en http://www.luz2015.es/Docentes.php [consultado el 15/11/2015].

[13] Proyecto Docente *El Día de la Luz*, [en línea], disponible en http://www.luz2015.es/documen/20150716dia-de-la-luz.pdf [consultado el 15/11/2015].

[14] TRICIO, V. y VILORIA, R. (2015). El Día de la Luz. En *Libro de Resúmenes de XXXV Bienal de Física, Simposio 25.º Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física*. Editorial RSEF, pp. 576-577.

Para ello, se han preparado materiales y demostraciones orientadas a los niveles educativos de primaria y secundaria, principalmente. Se realizan actividades que se adaptan a las necesidades del centro educativo donde se realizan y se pretende que los alumnos y/o asistentes puedan descubrir y comprender distintos conceptos científicos y técnicos de la luz.

Los autores de esta comunicación hemos contribuido a la celebración del Año Internacional de la Luz, colaborando con el Comité español para que se difundan las actividades y materiales. La *tabla 1* muestra el nombre y tipo de las actividades, centro, fecha en las que se han realizado, además del nivel educativo al que han estado dirigidas (estudiantes de distintos niveles educativos, profesores, sociedad y público general cuando han sido acciones abiertas).

| Actividad | Nivel | Centro | Fecha |
|---|---|---|---|
| Día de la Luz/Taller | Alumnos de 5.º y 6.º Primaria | Colegio Público, Burgo de Osma, Soria | (4 sesiones) 25 marzo 2015 |
| Día de la Luz/Taller | Alumnos de 5.º y 6.º Primaria | Colegio Público, Aranda de Duero, Burgos | (3 sesiones) 9 abril 2015 |
| Día de la Luz/Taller | Alumnos de 1.º y 4.º ESO | Fundación Secretariado Gitano, Burgos | (1 sesión) 21 abril 2015 |
| Día de la Luz/Taller | Alumnos 16-18 años, adultos 18-27 años | Fundación Secretariado Gitano, Burgos | (1 sesión) 11 mayo 2015 |
| Presentación del Proyecto *El Día de la Luz* / Ponencia oral | Sociedad y profesores | 1.ª Feria Ciencia y Tecnología de Castilla y León, Burgos | (1 sesión) 16 mayo 2015 |
| Experiencia de colaboración con el año de la luz: Proyecto Docente *El Día de la Luz* /Ponencia oral | Profesores | X Jornadas de Enseñanza de la Física, Burgos | (1 sesión) 18 Septiembre 2015 |
| Experimentos de óptica para Educación Secundaria /Jornada formativa | Profesores Primaria y Secundaria | Centro de formación del Profesorado e Innovación educativa, Burgos | (1 sesión) 2 diciembre 2015 |
| Enciencia la luz: experimenta en el CAB /Taller | Sociedad, familias | Centro de Arte Caja de Burgos, CAB, Burgos | (2 sesiones) 5 febrero 2016 |

*Tabla 1.* Relación de acciones que se han realizado.

En la *figura 2* se han incluido imágenes representativas de tres de las acciones realizadas. En el programa de acciones que se inició en el mes de marzo de 2015, el taller se presentaba en un formato de cuatro bloques independientes. Pero se ha ido variando y ampliando en contenidos, en función del público al que iba a ir dirigido, de manera que los talleres llegaron a tener hasta siete bloques de experimentos en total, con los siguientes títulos: La luz del espectro electromagnético; Una maleta llena de luces… y algunas sombras; Los caminos y los colores de la luz; La flecha de la luz; Científicas con muchas luces; Construyendo instrumentos ópticos caseros; Luminarias y comparación de espectros.

Los objetivos generales en el conjunto de estas acciones, en consonancia con dos de los objetivos de la Declaración de la ONU para el Año de la Luz, son:

- Mejorar la comprensión pública de cómo la luz y sus tecnologías relacionadas afectan a la vida cotidiana y son esenciales para el futuro desarrollo de la humanidad.
- Desarrollar la capacidad educativa mediante actividades orientadas a la difusión de la cultura científica entre los jóvenes en todo el mundo.

Además, en cada experimento desarrollado aparecen reflejados los objetivos formativos específicos, como se aprecia en las tablas presentadas más adelante.




*Figura 2.* Imágenes representativas de algunas de las acciones realizadas.

## EXPERIMENTOS DESARROLLADOS EN LOS TALLERES DE ÓPTICA

Se concreta este apartado con la descripción sucinta por razones de espacio, de los siete experimentos que forman parte de las acciones realizadas que se han mostrado en la *tabla 1*. Se preparan actividades prácticas que tengan utilidad pedagógica y se promueve una metodología de enseñanza-aprendizaje muy similar en todas ellas. Para las actividades se ha dispuesto un conjunto de materiales didácticos interactivos –de elaboración propia– sobre contenidos de la óptica y de sus aplicaciones en situaciones cotidianas. En general, se centra la atención en actividades formativas, que resulten instructivas para los estudiantes y entretenidas para el público en general.

Ya se ha indicado que se realizan experimentos ópticos con una dinámica de taller que se diseña para poder responder a una batería de preguntas clave, entre las que destacamos:

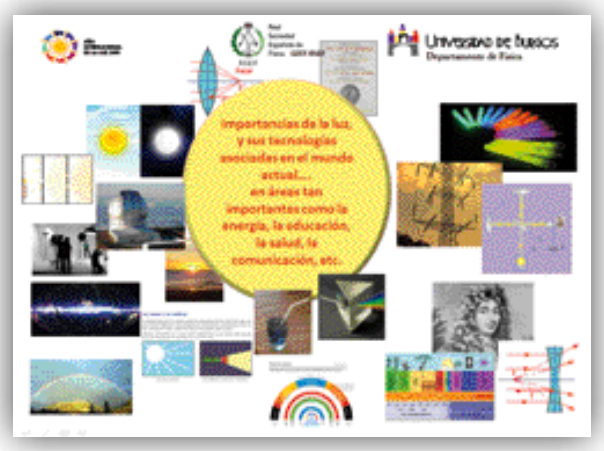
¿Qué es la luz? ¿Cuál es la naturaleza de la luz? ¿Sabes qué son los fotones? ¿Cómo se propaga la luz? ¿Conoces el modelo ondulatorio de la luz? ¿Qué velocidad tiene la luz? ¿Conoces cómo se forman los colores de la luz? ¿Qué propiedades tiene la luz? ¿Por qué algunos materiales son luminiscentes? ¿Cómo se produce la visión en el ojo humano? ¿Qué entiendes por difracción de la luz? ¿Qué representa el índice de refracción? ¿Qué relación hay entre el índice de refracción y la velocidad de la luz? ¿Qué leyes rigen la propagación de la luz? ¿Cuáles son las leyes de la óptica geométrica y sus ecuaciones? ¿Se puede atrapar la luz? ¿Qué es el ángulo crítico? ¿Puede la luz seguir una trayectoria curva? ¿Desde cuándo la ciencia se ha interesado por la naturaleza de la luz? ¿Es realmente curva la trayectoria de la luz en una fibra óptica? ¿Conoces el experimento de doble rendija de Young? ¿Cómo actúa una red de difracción? ¿Qué aplicaciones ópticas conocemos en la vida cotidiana? ¿En qué campos se utiliza instrumentación óptica? ¿Qué instrumentos ópticos usa la tecnología? ¿Con qué instrumentos se trabaja en óptica? ¿Quiénes y cómo estudian la luz? ¿Qué descubrieron? ¿Qué tecnologías de la luz se derivan de los descubrimientos en óptica? ¿Sabes lo que es y para qué sirve la fibra óptica? ¿En qué consiste un LED? ¿Qué tipos de luces hay? ¿Qué aplicaciones conocemos y cómo utilizamos la luz? ¿Quiénes y cómo estudian la luz? ¿Desde cuándo ha interesado la ciencia de la luz? ¿Conoces algún experimento o descubrimiento de Newton sobre la luz? ¿Qué aplicaciones conocemos y cómo utilizamos la luz? ¿Conoces el nombre de alguna mujer científica española? ¿En qué parte de la óptica se han interesado las científicas? ¿Qué mujeres se han dedicado al estudio de la luz? ¿Conoces alguna astrónoma y cuál es su

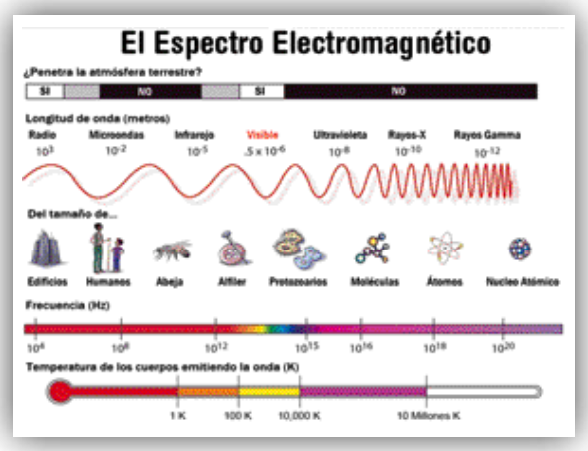
campo de investigación? ¿Qué información se obtiene de la luz emitida o absorbida? ¿Cómo se producen las líneas de emisión de una bombilla de bajo consumo? ¿Cómo se propaga la luz que se observa en los instrumentos caseros? ¿Cómo funciona el espectroscopio casero fabricado? ¿Por qué el espectro solar es prácticamente continuo?

En lo que sigue, se presenta cada experimento y sus aspectos más significativos, en tablas de elaboración propia que incluyen: objetivos formativos, materiales didácticos, dinámica y actividades. No todas las explicaciones que se ofrecen a los asistentes son iguales ni todas las actividades se realizan en todos los talleres; los contenidos, el nivel didáctico, las actividades… están adecuados convenientemente a los receptores que asisten al taller. En la primera línea de cada tabla se ha ocupado un espacio con dos imágenes, la carátula que presenta el experimento, a la izquierda, y una imagen representativa del experimento en uno de los talleres realizados.

## 1. EXPERIMENTO: LA LUZ DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Es una actividad introductoria a todas las demás actividades. Se trata de reconocer la zona del espectro electromagnético en la que se encuentra la luz visible. Se presentan algunas magnitudes y sus definiciones. Se presentan ejemplos de utilidad en la vida cotidiana de las distintas radiaciones electromagnéticas.




**Objetivos formativos.**

Dar a conocer el espectro electromagnético. Presentar magnitudes físicas relacionadas: energía, longitud de onda, frecuencia. Introducir algunos conceptos físicos relacionados: fotón, quanto de energía, velocidad de la luz.

**Materiales didácticos.**

Presentación ppt del experimento. Fotocopias del espectro electromagnético. Imágenes de algunas aplicaciones de las zonas del espectro. Tabla de valores de longitud de onda, frecuencia y energía para las bandas del espectro.

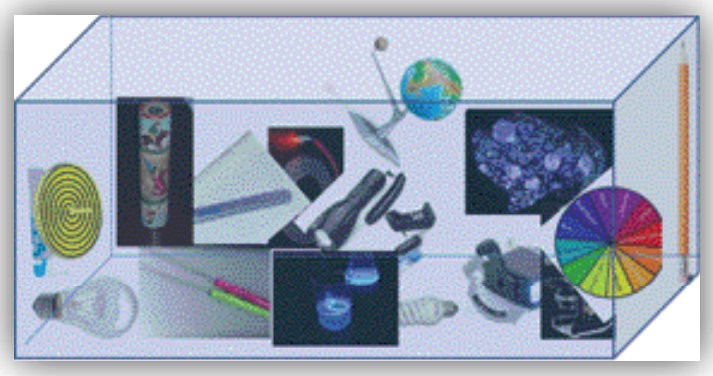
**Dinámica (D) y actividades (A).**

D) Respondemos a las preguntas clave con la observación del espectro electromagnético y con datos de alguna de las magnitudes físicas de la radiación. A) La luz visible en el espectro electromagnético. Otras zonas del espectro electromagnético. La franja espectral de las microondas. Identificación de las magnitudes y unidades físicas en el espectro. Determinación de algunos valores de las ondas electromagnéticas de longitud de onda diferente del espectro visible. La rapidez de la luz. Una introducción a la naturaleza de la luz.

*Tabla 2.* Experimento 1.

## 2. EXPERIMENTO: UNA MALETA LLENA DE LUCES Y… ALGUNAS SOMBRAS

Es una actividad de descubrimiento. Se trata de reconocer los elementos que hay dentro de la maleta y saber cuál es su utilidad en la vida cotidiana; en algún taller se ha presentado antes que todos los demás.





**Objetivos formativos.**

Presentar instrumentos ópticos diversos. Introducir materiales con comportamientos ópticos diversos (opacos, transparentes, luminiscentes…). Conocer diferentes tipos de fuentes de luz y su interacción con los materiales anteriores. Mostrar la formación de sombras y describir los eclipses.

**Materiales didácticos.**

Presentación ppt del experimento. Una maleta (caja de cartón). Elementos que se llevan: lámpara de fibra óptica, linternas varias (dinamo, de baterías…) y de leds, fibra óptica, antiguo microscopio, láser de color rojo, lámpara de ultravioleta, iluminarias varias: lámpara incandescente, lámpara ahorradora, maqueta del Sol y la Luna para hacer eclipses, billetes en curso, materiales luminiscentes, juegos infantiles, rueda de colores…

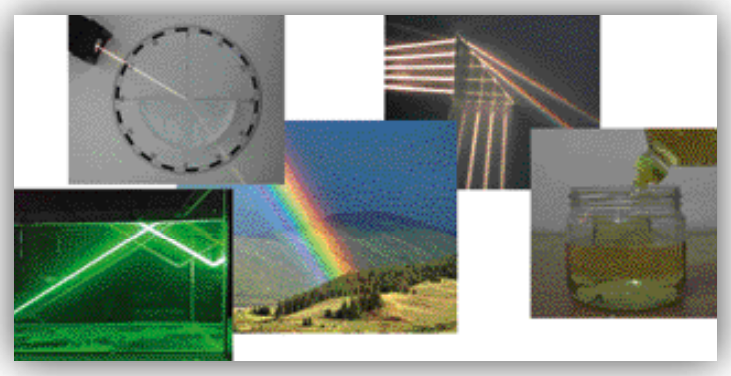
**Dinámica (D) y Actividades (A).**

**D)** Respondemos a las preguntas clave mediante lluvia de ideas y con la observación de alguna de las propiedades de la luz utilizando los diversos elementos de la maleta. Se saca uno a uno cada elemento que hay dentro de la maleta. Se pregunta si lo conocen, si conocen para qué sirven y si ellos lo utilizan o lo han visto utilizar y a quiénes. Se anotan en la pizarra las respuestas y se utilizan para hacer un debate. **A)** Se realizan experimentos de cátedra con linternas, lámparas ultravioleta y láseres. Lograr y visualizar la descomposición de la luz en colores. Cuerpos opacos y transparentes. Fuentes de luz. Luces artificiales, su evolución. Tipos y funcionamiento de luminarias en la vida cotidiana. Usando materiales luminiscentes y reflectantes. Formando sombras y eclipses.

*Tabla 3.* Experimento 2.

## 3. EXPERIMENTO: LOS CAMINOS Y LOS COLORES DE LA LUZ

Es una actividad de descubrimiento y experimentación. Se trata de estudiar de forma sencilla las propiedades de la luz a través de una serie programada de pequeñas experiencias de cátedra.





**Objetivos formativos.**

Presentar las leyes de la óptica geométrica: reflexión, refracción, reflexión total. Mostrar algunos patrones de difracción. Obtener valores experimentales de magnitudes de interés óptico.

**Materiales didácticos.**

Láser (rojo y verde), fibra óptica, linterna, recipiente para mostrar rayos (en aire, agua, aceite, vaselina), espejo, prisma, banco óptico, lente convergente, ranuras y redes de difracción, CD, recipiente de plástico, depósito, agua.

**Dinámica (D) y actividades (A).**

**D)** Se trata de ir respondiendo a las preguntas clave a través de experiencias de visualización y de medición de ángulos y otras mediciones ópticas. **A)** Experiencias de cátedra con láseres para obtener la reflexión, refracción y la reflexión total interna. Muestra visual de distintos patrones de difracción con diversas ranuras y el puntero láser. En algunos de ellos, se calcularán valores experimentales de magnitudes de interés óptico. La fibra óptica y sus aplicaciones. Experiencia del chorro de agua que guía la luz (experiencia de Colladon). La descomposición de la luz blanca mediante un prisma. Diagrama de difracción de una sola rendija o un hilo. Si son profesores, se podrán hacer mediciones de índices de refracción y de parámetros de difracción.

*Tabla 4.* Experimento 3.

## 4. EXPERIMENTO: LA FLECHA DE LA LUZ

Es un juego de asociación. Se trata de relacionar: científicos, instrumentos, épocas de la historia, localización geográfica, descubrimiento científico.






**Objetivos formativos.**

Ilustrar (entre el siglo IV a. C. y el siglo XVIII) algunos científicos, descubrimientos ópticos que hicieron, época histórica, instrumentación óptica… Difundir los descubrimientos de los siglos XIX y XX que han demostrado la importancia fundamental de la luz en la ciencia y el desarrollo científico, compartiendo así uno de los objetivos de la Declaración de la ONU para el Año de la Luz.

**Materiales didácticos.**

Fotocopias de una historia resumida de la luz. Un tablero en el que haya siete casillas (pueden ser sobres sujetos a un hilo). Fichas de papel con diferente contenido, entre otros: la imagen del científico, sus datos, el siglo o los años, el descubrimiento relacionado o el trabajo que hicieron, el instrumento o figura representativa, aplicaciones.

**Dinámica (D) y actividades (A).**

**D)** Respondemos a las preguntas clave con el juego de asociación y las fichas de la historia resumida de la luz. Se hace dinámica de grupos. **A)** Lectura de lo que cuenta la historia. A cada grupo de estudiantes se le reparte el sobre numerado. Después se han de colocar en cada casilla (sobre) (según la línea del tiempo) las fichas asociadas (científico, fecha, país, descubrimiento, instrumento asociado…). Finalmente, el grupo de estudiantes podrá comprobar si han colocado en el sobre las fichas que se han repartido, tal como están en la «historia resumida de la luz» que se les ha entregado.

*Tabla* 5. Experimento 4.

## 5. EXPERIMENTO: CIENTÍFICAS CON MUCHAS LUCES

Es una actividad que trata de reconocer y valorar el papel de las mujeres en la ciencia y conocer cuáles fueron sus áreas de trabajo y aportaciones.






**Objetivos formativos.**

Asumir y compartir dos de los objetivos de la Declaración de la ONU para el Año de la Luz: «promocionar el empoderamiento de la mujer en la Ciencia» y «fomentar vocaciones científicas en el ámbito de la luz y de sus aplicaciones». Mostrar el papel que la mujer ha tenido en la ciencia/astronomía.

**Materiales didácticos.**

Presentación ppt del experimento. Fotocopias de la exposición «Investigadoras en la Luz y en las Tecnologías de la Luz». Calendario «Women Astronomers who made history 2010». Tres cuestionarios.

**Dinámica (D) y actividades (A).**

**D)** Respondemos a las preguntas clave con la información que extraemos del material didáctico que habla de científicas de la luz. **A)** Se realizan varias actividades de trabajo en grupo, que tengan utilidad pedagógica. Cada equipo de trabajo debe trabajar sobre las astrónomas que aparecen en los meses del calendario. Después de hacer una tarea, deberán proponer una pregunta/actividad relacionada a los demás grupos. Cada equipo debe extraer información seleccionada del documento de la exposición de las investigadoras, que deberá señalarse en una tabla y posteriormente podrán intercambiar con los otros equipos. Finalmente cada equipo, si es de adultos, propone y realiza una tercera tarea de utilidad pedagógica.

*Tabla 6.* Experimento 5.

## 6. EXPERIMENTO: CONSTRUYENDO INSTRUMENTOS CASEROS

Es una actividad de destreza y aplicación de lo aprendido. Se trata de construir los instrumentos, que tienen su base en la aplicación de la óptica. Se busca adquirir competencias de conocer, hacer y saber hacer.






**Objetivos formativos.**

Enseñar a construir un instrumento óptico con materiales desechables que se pueden encontrar fácilmente. Hacer reflexionar al alumno sobre el funcionamiento del instrumento.

**Materiales didácticos.**

Presentación ppt del experimento. Fotocopias con cuestionario, con fotografías de los elementos necesarios y las etapas clave para la construcción del instrumento óptico. Para cada instrumento se les entrega todos los materiales necesarios. Se visualizan de nuevo los instrumentos, cuyas características y funcionamiento ya han sido presentados y explicados en las experiencias anteriores.

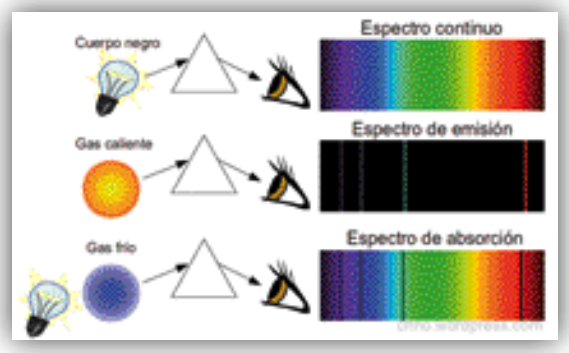
**Dinámica (D) y actividades (A).**

**D)** Respondemos a las preguntas clave con los cuestionarios y la fabricación de instrumentos ópticos caseros. Ellos deben debatir y compartir ideas durante el trabajo en grupo. La finalidad no es construir hasta el final los instrumentos, sino reflexionar sobre cómo han de colocarse las piezas y conocer las propiedades de la luz y cómo se utilizan en cada instrumento. Finalmente, cada grupo podrá presentar y defender su propuesta de construcción. Primero a cada alumno se le presenta un cuestionario para cada instrumento que se vaya a construir, que deberá responder y entregarlo individualmente. A cada grupo de estudiantes (4 es un buen número) se le reparten los materiales para cada instrumento. **A)** Cómo construir un caleidoscopio: materiales y etapas. Cómo construir un espectroscopio casero: materiales y etapas. Cómo construir un proyector casero para móviles: materiales y etapas.

*Tabla 7.* Experimento 6.

## 7. EXPERIMENTO: LUMINARIAS Y COMPARACIÓN DE ESPECTROS

Es una actividad relacionada con competencias de conocer, hacer y saber hacer. Se trata de observar la iluminación de diferentes luminarias, observar sus espectros luminosos y compararlos para las distintas lámparas. También pueden compararse las lámparas, a partir de la iluminación que dan, mediante el uso de un luxómetro.






**Objetivos formativos.**

Mostrar diferentes tipos de luminarias. Conocer el modo de funcionamiento de distintas lámparas y su relación con el espectro electromagnético. Distinguir espectros continuos, de emisión y de absorción. Aprender a medir intensidades luminosas.

**Materiales didácticos.**

Presentación ppt del experimento. Lámparas de diferentes características, espectroscopios caseros, fotocopias que muestran las imágenes en color de varios espectros, soporte para las luminarias y sistemas de conexión eléctrica, luxómetro.

**Dinámica (D) y actividades (A).**

D) Respondemos a las preguntas clave con el espectroscopio y los espectros de emisión de algunas luminarias. Primera los alumnos se les presentan las lámparas de diferentes características y deberán responder mediante una lluvia de ideas conexionando las respuestas con los experimentos 2 y 3. A cada grupo de estudiantes (4 es un buen número) se les entrega un espectroscopio casero con el que observarán los espectros de las lámparas de muestra y las que haya instaladas en el aula. Se debatirán y compartirán ideas durante el trabajo en grupo. Finalmente deben comparar sus resultados con las imágenes que se les entregan. Si el grupo es de adultos, se podrá utilizar la medida obtenida con el luxómetro, y compararán los valores obtenidos.
A) Selección y preparación de las luminarias y observación de su espectro. Comparación de los espectros de diferentes lámparas.

*Tabla 8.* Experimento 7.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto docente *El Día de la Luz* animan a los autores a seguir avanzando en esta línea de investigación didáctica con actividades orientadas a la comunicación y divulgación de la ciencia y en particular de la física. Mencionamos, a manera de conclusiones, las siguientes:

- En el contexto de un proyecto docente como homenaje al Año de la Luz, se han planteado talleres de óptica, que han sido desarrollados por invitación en varios centros e instituciones. De acuerdo a la solicitud del centro, se adaptan a los distintos públicos y ayudan a la comprensión pública de cómo la luz y sus tecnologías relacionadas afectan a la vida cotidiana.

- En cada sesión, se realizan visualizaciones ópticas y pequeños experimentos a modo de experiencias de cátedra, independientes unos de otros, con objetivos didácticos diferentes y contenidos muy variados, que fomentan el interés por la ciencia.
- La metodología empleada en el desarrollo de los talleres incorpora una serie de actividades –muchas de ellas realizadas con materiales caseros y de la vida cotidiana– para poder responder a una batería de preguntas clave que suscitan la participación activa de los asistentes.
- Las actividades que se realizan en los talleres son de distinta índole, las hay introductorias, de descubrimiento, de experimentación, de asociación, de promoción de las científicas, de destreza y aplicación y de aptitudes competenciales.
- Las opiniones que nos han trasladado los asistentes muestran una alta valoración del taller al que han asistido.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Comité Español para la celebración del Año Internacional de la Luz 2015[15] la invitación a desarrollar este proyecto y a los centros donde se ha desarrollado esta actividad, por haber sido invitados a la realización de los talleres.

[15] Año Internacional de la Luz 2015, [en línea], disponible en http://www.luz2015.es/ [consultado el 25/01/2016].

Dirección editorial: **Antonio Brandi**

Dirección de arte: **José Crespo**

Jefe de desarrollo de proyecto: **Javier Tejeda**

Dirección técnica: **Jorge Mira**

Confección y montaje: **Hilario Simón**

Corrección: **Gema Moreno**

Coordinación técnica: **Francisco Moral**

© 2016 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: 978-84-141-0426-2
CP: 815499
Depósito legal: M-972-2017

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) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.