



APUNTES DE CIENCIAS

El Seminario de Ciencias del Colegio Profesional de la Educación (CDL), la Universidad Complutense de Madrid (UCM), la editorial Santillana y el grupo de investigación EPINUT de dicha Universidad han organizado, desde el año 2010, el *Congreso de docentes de Ciencias: Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato*. Un sexenio después del inicio de su andadura, se acaba de celebrar la IV edición en la Facultad de Educación de la UCM.

El éxito de este simposio ha ido aumentando a lo largo de las sucesivas convocatorias. En la II edición fue necesario ampliar de dos a cuatro la cantidad de las especialidades científicas, ya que se incorporó también la Física y la Química de los niveles preuniversitarios. Asimismo ha subido paulatinamente el número de matriculados y el de ponencias presentadas, lo que obviamente ha obligado a ampliar la duración del Congreso (Fig 1). Igualmente se ha incrementado el número de lugares de procedencia de los docentes, tanto dentro como fuera de nuestras fronteras (Fig 2).

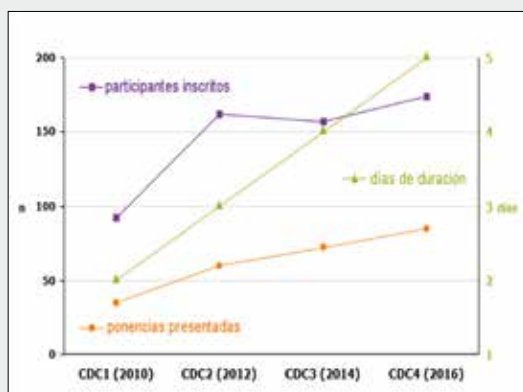


Fig. 1. La evolución histórica de los datos del Congreso.

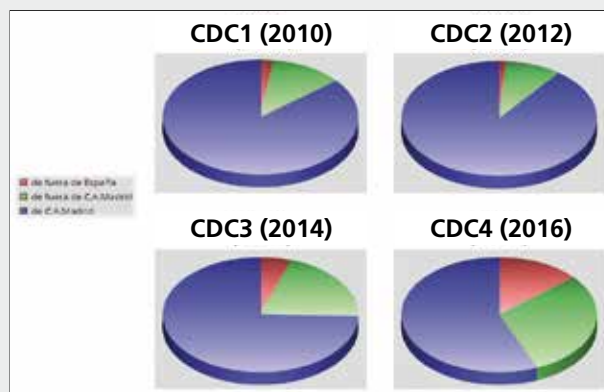


Fig. 2. Procedencia de inscritos en las diferentes ediciones.

Este encarte pretende ser un pequeño reflejo de determinados aspectos debatidos en el mencionado IV Congreso de docentes de Ciencias. El artículo central reivindica el papel clave de los profesores en la educación, ya que ellos son los auténticos protagonistas de este simposio. Otro de los apartados de esta publicación se centra en la Asociación Ciencias sin Barreras, que fomenta la divulgación científica entre personas con diversidad funcional (tema que constituyó a su vez la apertura del evento). Las otras tres aportaciones restantes son ponencias presentadas por asistentes que resumen algunas tendencias didácticas que pueden ser aplicadas en el aula, como la formación por competencias en el ámbito de la Química, el diseño de un formato taller en la Física y, por último, la construcción de un museo de ciencia y tecnología por parte del alumnado.

Marisa González Montero de Espinosa

Coordinadora del Seminario de Ciencias del Colegio Oficial de Filosofía, Letras y Ciencias

Los docentes, la pieza clave del sistema educativo

Antonio Brandi Fernández

Profesional de la educación

En el proceso de enseñanza-aprendizaje no hay misterios, ni atajos. El docente sigue siendo la pieza clave. Transmite su pasión, su interés, invita a descubrir, abre puertas e invita a que entres y descubras, te acompaña, te ayuda y te apoya... El profesor debe ser la llave de acceso a la fascinación, a la pasión, a nuevos mundos por explorar.

El conocimiento no surge porque sí, y menos por obligación; se consigue porque la persona quiere aprender, y es un proceso que, una vez empezado, no acaba nunca. Si la pasión está presente, el camino es largo y sin fin.

Ejecutores de reformas educativas

La labor de enseñar y formar a las nuevas generaciones es la piedra angular del futuro de cualquier sociedad. Los gobiernos son conscientes de esto y regulan la educación mediante diferentes normativas (Leyes Orgánicas, Decretos, Órdenes, Normas...), las más amplias de las cuales son las Leyes Orgánicas Educativas, que sirven de marco para el resto.

Desde 1970 hasta hoy día, el sistema educativo español ha sufrido numerosos y diversos cambios legislativos, con mayor o menor fortuna en cada caso. Desde la LGE (Ley General de Educación), conocida como Ley Villar Palasí, de 1970, los docentes españoles han visto pasar varias leyes educativas*, algunas de las cuales no llegaron a ser aplicadas (véase el cuadro). Actualmente se encuentra en vigor la LOMCE¹, aunque planteada como una reforma de la anterior ley (LOE), ha introducido grandes e importantes cambios en el sistema educativo, como la validez académica de la Religión, las pruebas externas de evaluación, la posibilidad de conciertos para centros que separan por sexos, etc. Debido a estos y otros cambios más, esta ley ha sido calificada como sectaria, discriminatoria y retrógrada y ha encontrado una gran oposición de todos los grupos políticos, así como del profesorado y de los propios alumnos. En los últimos días, gracias a la pérdida de mayoría absoluta del PP, se están modificando aspectos importantes de esta Ley, como el referido a las evaluaciones.

Pero, el principal problema de todas estas leyes es que, en la mayoría de los casos, han tenido un planteamiento muy sesgado políticamente y se han elaborado al margen de la comunidad docente. Leyes pensadas en despachos con ausencia de

profesores que, en último término, son los que deben llevarlas a la práctica aun sin haber sido consultados. Ellos son unos de los principales artífices de la implantación y buen funcionamiento de cualquier ley educativa. Ellos son los que trabajan día a día con sus alumnos, los responsables de formarlos dentro del marco educativo que define cada ley. Para esto hace falta poner en práctica muchas novedades, es necesario el apoyo de muchas instituciones, es esencial la formación específica en muchos aspectos y, por supuesto, dotar económicamente esos cambios, algo que no siempre se produce.

A pesar del planteamiento generalizado en estas leyes, cabe destacar dos de ellas por la atención prestada al profesorado y por el papel conferido. En 1990, la LOGSE² otorgaba a los claustros docentes la potestad de definir el detalle de los currículos que la ley proponía para cada etapa educativa. Aunque en la realidad esta potestad no fue tal ya que, en la mayoría de los casos, fueron las editoriales educativas las que se encargaron de interpretar la norma y hacer esta definición a través de los libros

Leyes educativas de la democracia:

- **1980.** LOECE (Ley Orgánica de Estatuto de Centros Escolares), elaborada por UCD, fue recurrida por el PSOE y jamás entró en vigor.
- **1985.** LODE (Ley Orgánica del Derecho a la Educación), elaborada por el PSOE, incorporó el sistema de colegios concertados.
- **1990.** LOGSE (Ley Orgánica General del Sistema Educativo), elaborada por el PSOE, introdujo la ESO, la escolarización obligatoria hasta los 16 años y dio gran peso educativo a las Comunidades Autónomas.
- **1995.** LOPEG (Ley Orgánica de la Participación, Evaluación y Gobierno de Centros Docentes), elaborada por el PSOE y conocida como Ley Pertierra, tuvo un gran rechazo por parte de los sindicatos de profesores al considerar que facilitaba la privatización de la enseñanza pública.
- **2002.** LOCE (Ley Orgánica de Calidad Educativa) fue elaborada por el PP y nunca llegó a aplicarse, ya que fue paralizada en 2004 por el PSOE.
- **2006.** LOE (Ley Orgánica de Educación), elaborada por el PSOE, incluyó la asignatura de Educación para la Ciudadanía, hizo voluntaria la Religión y posibilitó la promoción de curso para alumnos con asignaturas suspensas.
- **2013.** LOMCE (Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa), elaborada por el PP, conocida como Ley Wert, es la ley vigente.



Ángel Gabilondo (Foto tomada de Wikipedia). Este es un archivo de Wikimedia Commons, un depósito de contenido libre hospedado por la Fundación Wikimedia. CC BY-SA 2.0

y manuales que se editaban y que eran prescritos por los docentes. De forma mucho más limitada, la LOMCE también propone en su articulado un cierto nivel de autonomía tanto para los centros como para la propia labor docente (en determinadas asignaturas y casos)** (véase el cuadro). Tal autonomía ha sido restringida en esta ocasión por algunas de las administraciones autonómicas que, a través de los Decretos publicados por las correspondientes Consejerías de Educación, han recortado o incluso imposibilitado gran parte de esa autonomía y han llevado a una tremenda heterogeneidad en la implantación de esta ley.

Docentes en un intento de pacto educativo

De entre toda esta marea legislativa, tan solo en una ocasión se ha intentado llevar a cabo un pacto educativo de forma consensuada. En el año 2010, el entonces Ministro de Educación Ángel Gabilondo, presentó el *Pacto social y político por la educación*³, una propuesta de acuerdo general para conseguir sacar la educación del ámbito político, algo imprescindible para la estabilidad de nuestro sistema educativo. Esta iniciativa ha sido la única en la que se ha tenido en cuenta, de manera efectiva, a todos los "actores" que intervienen en el mundo de la educación: Ministerio, Consejerías autonómicas, centros educativos, universidades, colectivos docentes, estudiantes, sociedad... En ella se planteaban objetivos concretos con propuestas específicas para cada uno. Cada entidad tenía su papel, sus responsabilidades y sus obligaciones, en lo que era un planteamiento práctico y real de un verdadero pacto de Estado para la educación.

El texto de este pacto planteaba en el punto 2.11 de sus objetivos el reconocimiento profesional y social del docente. Algo necesario para que nuestro sistema educativo mejore.

** Texto LOMCE capítulo III, título preliminar

Dentro de la regulación y límites establecidos por las Administraciones educativas de acuerdo con los apartados anteriores, y en función de la programación de la oferta educativa que establezca cada Administración educativa, los centros docentes podrán:

- 1.º) Complementar los contenidos de los bloques de asignaturas troncales, específicas y de libre configuración autonómica y configurar su oferta formativa.
- 2.º) Diseñar e implantar métodos pedagógicos y didácticos propios.
- 3.º) Determinar la carga horaria correspondiente a las diferentes asignaturas.

Para conseguirlo se especificaban 13 propuestas sobre temas como el Estatuto Docente, la formación inicial, la selección del profesorado, la promoción laboral, la incorporación de incentivos económicos, la formación permanente, la implantación de nuevas estrategias pedagógicas y didácticas, etc. Lamentablemente, este pacto no llegó a aprobarse por la oposición manifiesta del Partido Popular.

Buenos docentes, buenas personas, buenos resultados

Como ya señalaba hace tiempo un informe de la consultora McKinsey, "ningún sistema es mejor que el conjunto de sus docentes". Así, toda esta legislación se quedaría en papel mojado si no fuese por los profesores, docentes, maestros, educadores, enseñantes..., las personas que, en último término, ejecutan y aplican las normas y regulaciones de cualquier ley educativa. Disponer de buenos profesores y apoyarlos en su labor es crucial para el éxito del sistema educativo, sea cual sea la ley que lo regule.

Hace unos años, Ángel Gabilondo, afirmaba que "un mal profesor puede ser buena persona, pero una mala persona no puede ser buen profesor". Creo que todos los que hemos sido profesores, estaremos de acuerdo con las palabras del exministro. Pero, ¿por qué?, ¿qué importancia tiene cómo somos en esta labor?

Cualquier profesor es consciente de lo maleable que es el "material" con el que trabaja, material humano en vías de formación. El altísimo nivel de influencia que un docente tiene sobre sus alumnos hace que sus acciones deban ser siempre ejemplares y transmitir optimismo permanentemente. Los jóvenes aprenden de lo que decimos pero, sobre todo, de lo que hacemos y del ejemplo que les damos. Todas las acciones y respuestas de los adultos dejan huella en ellos, las de sus maestros en gran medida. En definitiva, solo una buena persona puede educar a sus alumnos como buenas personas.

Y, ¿qué define en su conjunto a un buen profesor? Pues aunque no parezca fácil concretarlo, sí parece haber ciertas características que son compartidas por aquellos "profesores de éxito" frente al resto. En 2013, Julie DeNeen publicó un informe⁴ sobre las 25 cosas que hacen de forma diferente los educadores de éxito. Muchas de ellas podremos reconocerlas en aquellos que consideramos como "buenos profesores":

25 cosas...

1. Tienen objetivos claros
2. Tienen un sentido de su propósito
3. Son capaces de vivir sin recibir un feedback inmediato
4. Saben cuándo escuchar a los estudiantes y cuándo ignorarlos
5. Tienen una actitud positiva
6. Esperan el éxito de sus alumnos
7. Tienen sentido del humor
8. Usan los elogios de modo inteligente
9. Saben cómo asumir riesgos
10. Son consistentes
11. Son reflexivos
12. Buscan un maestro para sí mismos
13. Se comunican con los padres
14. Disfrutan con su trabajo
15. Se adaptan a las necesidades de los estudiantes
16. Los cambios son bienvenidos en sus clases
17. Emplean tiempo para explorar nuevas herramientas
18. Ofrecen apoyo emocional a sus estudiantes
19. Se sienten a gusto con lo desconocido
20. No se consideran amenazados por el apoyo de los padres
21. Hacen divertidas sus clases
22. Enseñan holísticamente
23. Nunca dejan de aprender
24. Se salen de su zona de confort
25. Son maestros en su materia

Aunque seguramente muchos de nosotros podríamos añadir otras características, como la predisposición para intercambiar experiencias con otros docentes, llevar a cabo un adecuado tratamiento de la diversidad, manejar una buena gestión de tiempos, basarse en la tolerancia, ofrecer igualdad de oportunidades a todos los alumnos, etc., la relación de características y el texto del informe son un buen material para la reflexión.

Un papel crucial con unas necesidades muy claras

Siendo conscientes de la importancia de contar con buenos profesores para asegurar el éxito del sistema educativo y poder alcanzar los niveles de calidad formativa que cualquier ley anhela, sería necesario abordar urgentemente determinados aspectos relativos a los docentes. Entre otros:

- **Formación inicial de calidad.** Es imprescindible asegurar una completa y correcta formación inicial, con la adquisición de las necesarias competencias docentes para todos los profesores que se incorporen a esta labor. Así, las facultades de Educación y Magisterio deberían mejorar los niveles de conocimiento en todas las disciplinas que los futuros maestros impartirán. Por otro lado, además del máster en educación, los grados de disciplinas específicas deberían contar con especialidades concretas sobre la didáctica de las materias implicadas.
- **Sistemas de selección apropiados.** Es necesario mejorar los procesos de selección para asegurar que se incorporan los mejores profesionales a la labor de formación de alumnos. Valorar la labor de los docentes, dotarles de una merecida valoración social y articular un justo, adecuado y riguroso sistema de selección permitirán atraer a la labor docente a los profesionales más aptos y mejor preparados.
- **Formación continua.** Cualquier docente debe permanecer durante toda su etapa laboral en condiciones de adaptar su labor profesional a la realidad y a las necesidades de sus alumnos, considerando las exigencias cambiantes de su tarea. Alumnos distintos cada año, de una sociedad que evoluciona rápidamente, con muchos avances metodológicos y tecnológicos, requieren profesores en constante actualización, atentos a las mejoras en las distintas metodologías que

estén preparados para atender a la diversidad de su alumnado y dominen los avances tecnológicos que tengan aplicación en su tarea. La aparición de nuevos dispositivos, nuevos medios técnicos, innovadoras metodologías didácticas, nuevas experiencias, etc., hace que los docentes deban actualizarse y estar plenamente formados incluso en ámbitos distintos a los de su formación inicial. Para esta finalidad son importantes todas las iniciativas que se puedan poner en marcha: cursos específicos en nuevas metodologías, congresos

de docentes en los que poder intercambiar experiencias, jornadas de formación y actualización disciplinar, etc.

- **Mejora de las condiciones laborales.** A pesar de ser conscientes de la importancia y la necesidad de apoyo para los equipos docentes, principalmente al implementar los cambios de una ley educativa, la realidad de los últimos años ha sido muy distinta. Los docentes han visto reducidos sus salarios, han aumentado sus jornadas laborales, se han elevado los ratios de alumnos por aula, han desaparecido las ayudas a la formación, los profesores de apoyo, las dotaciones económicas de los centros también se han visto mermadas... Por otro lado, ha aumentado de forma exagerada una carga burocrática que reduce el tiempo necesario para lo realmente importante, la preparación de sus clases, su formación (didáctica y disciplinar), la evaluación personalizada, el tratamiento individual de cada alumno, etc. Es necesario implantar sistemas que permitan la promoción profesional, tanto vertical como horizontal, con sistemas de incentivos económicos; asegurar la estabilidad en los centros, así como facilitar la movilidad, temporal o permanente, según las necesidades. Por otro lado, el apoyo a los centros educativos, es crucial ya que todo el proceso se realiza en lugares muy concretos, las aulas. Un centro educativo de calidad facilitará que sus docentes sean excelentes, así como contar con un claustro excelente hará que su centro sea un lugar de referencia educativa.
- **Aumentar la consideración social del profesorado.** La docencia no es una labor que cualquiera con unos pocos conocimientos pueda desarrollar. La profesión del docente es y debe ser considerada como una profesión de élite. La disminución progresiva del prestigio social de los educadores es uno de los muchos problemas de esta profesión, algo que es bien sabido y que es tema de preocupación en muchos foros educativos. Muchos padres siguen culpando a los docentes del fracaso escolar de los alumnos, mientras adjudican los éxitos únicamente al trabajo de sus hijos. En este sentido, las

administraciones educativas deben tomar una postura clara y contundente, sin ambigüedades. Un proceso de selección exigente, unas buenas condiciones laborales y un respeto hacia la labor del profesorado especialmente por parte de las familias, con reconocimiento explícito de su autoridad, moral y profesional, son cruciales para desarrollar la labor docente en las mejores condiciones. De esta forma se fomentará el respeto y se facilitará un buen clima de convivencia, haciendo que los centros educativos sean lugares óptimos para el estudio y la formación.

Por otro lado, son necesarias iniciativas que vayan en esta dirección. Una de las iniciativas con mayor repercusión internacional tuvo lugar en 2014, al concluir el Foro Mundial de Educación y Formación Profesional en Dubái, donde se anunció la creación del Global Teacher Prize, por parte de la Fundación Varkey, para reconocer la mejor labor docente, y que se ha celebrado en 2015 y 2016, seleccionando 20 profesores (10 cada año) como finalistas.

- Apoyo laboral de diversas instituciones y empresas relacionadas con la educación. Tenemos claro que es necesario un Ministerio dotado de un presupuesto adecuado y suficiente, y también un Ministro que luche por la educación y sea defensor de la comunidad educativa. Asimismo, las Consejerías autonómicas de Educación, el CNIIE, el INTEF, el INEE..., deberían desarrollar labores de apoyo efectivo. Estudiar incluso la implantación de sistemas de evaluación objetivos de la labor docente de cada profesor. Sería recomendable también que existiera un sistema de información ágil y eficaz sobre todos los recursos del entorno disponibles fuera de los centros escolares para poder usar en la labor docente: museos, centros culturales, centros de interpretación de la naturaleza, salas de exposiciones, teatros y salas de cine con ofertas escolares, bibliotecas, centros de investigación..., así como informar de

todas las actividades que pudieran tener interés didáctico. La inspección y el cuerpo de inspectores deben pasar del actual papel fiscalizador al de motivadores y solucionadores de problemas de los cuerpos docentes de cada centro asignado.

Además de este imprescindible apoyo de las administraciones públicas, el apoyo de otras instituciones y empresas se hace también altamente necesario. Así, los servicios y el apoyo de unos auténticos y específicos Colegios Profesionales de Docentes podría ayudar indiscutiblemente a poner en valor el trabajo de los profesores, dando servicios de calidad, apoyo en temas legislativos, soporte

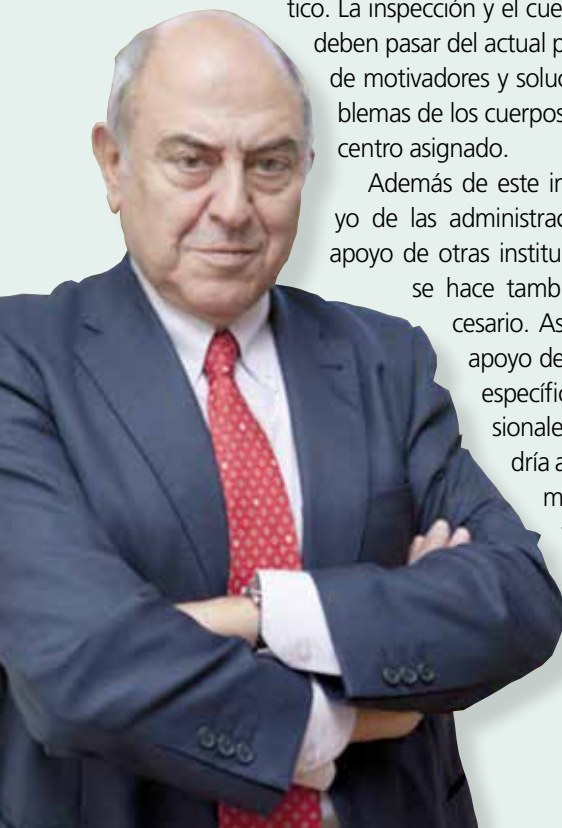
legal, ayudas y becas para la formación, organización de cursos, jornadas, congresos educativos, y en general dando consistencia social al colectivo de docentes y defendiendo sus derechos. Entre otras de las empresas implicadas, la colaboración de las editoriales educativas puede resultar crucial. La elaboración de libros de texto debe verse ampliada con otros materiales, quizá menos rentables pero altamente necesarios, productos de apoyo para los docentes, guías y manuales sobre nuevas metodologías didácticas, materiales específicos para nuevos soportes (pizarras digitales, tabletas..., incluso teléfonos móviles), manuales, libros, cuadernos..., que faciliten cubrir determinadas necesidades, como la imprescindible atención a la diversidad, la atención temprana de los alumnos, las adaptaciones curriculares para ACNEE, la atención de alumnos de altas capacidades, etc. Además de todo esto, sería muy positivo que los mencionados centros culturales, museos, salas..., ampliasen su oferta de actividades e iniciativas de carácter escolar, haciendo llegar su oferta a todos los centros educativos.

Un nuevo intento. El libro blanco

Tras la dimisión de J.I. Wert, el posterior Ministro de Educación, Méndez de Vigo, encargó a José Antonio Marina la elaboración del Libro Blanco de la Profesión Docente⁵. Desde una posición muy crítica con la LOMCE, el profesor Marina terminó de elaborar el documento en diciembre de 2015 con las aportaciones de parte de la comunidad educativa. En él se realiza un pormenorizado estudio del papel que los docentes deben asumir en la consecución del éxito educativo de los alumnos. Se concreta tanto el papel de los docentes como el de los equipos directivos, los departamentos de orientación y la inspección educativa. Se trata de un primer paso que, según su autor, debería servir de base para elaborar el "Estatuto de la función docente" y facilitar un necesario Pacto de Estado sobre Educación. Sus propuestas sobre un proceso de selección riguroso y exigente, la formación continua en los propios centros, la evaluación de la labor docente y la figura de "Docentes en Prácticas" con una prueba de acceso, son dignas de tenerse en cuenta. Esperemos que en un futuro la educación quede al margen de la política, se mejoren las condiciones laborales del profesorado, se valore el trabajo de los profesores y la docencia se convierta en una profesión de élite que atraiga a las personas mejor capacitadas. ■

Referencias

1. LOMCE. BOE núm. 295, de 10 de diciembre de 2013
2. LOGSE. BOE núm. 238, de 4 de octubre de 1990
3. El texto definitivo del pacto se puede consultar en: http://www.stecyl.es/informes/PactoEducacion/100422_pacto_educativo.pdf
4. 25 Things Successful Educators do Differently. Julie DeNeen, enero, 2013. Consultado en <http://www.opencolleges.edu.au/informed/features/25-things-successful-educators-do-differently/#ix223LzQSp9ma>
5. El documento final se puede descargar desde la página del MECD <http://www.mecd.gob.es/mecd/dms/mecd/destacados/libro-blanco/libro-blanco-profesion-docente.pdf>



En pos de una ciencia accesible: actividades para personas con diversidad funcional

Prof. Dra. Alejandra García-Frank y Dr. Omid Fesharaki

Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, UCM

Extraño es el día en el que no aparecen en los medios de comunicación nuevas noticias relacionadas con los últimos retos y descubrimientos científicos. Estos contenidos son reflejo de la demanda de la sociedad de ser puesta al día en los avances científicos y se incluyen en lo que se llama periodismo científico. Pero la ciudadanía también reclama actividades que trasciendan la mera información sobre contenidos científicos, y aquí entra en escena la divulgación científica. Esta es una actividad que debe poner en contexto las conexiones entre público y ciencia con suficientes puntos de apoyo para que el profano pueda tener una perspectiva suficientemente amplia para comprender las explicaciones científicas. La divulgación no debe temer a los obstáculos, y así lo expresamos desde nuestra asociación, Ciencia sin Barreras, que tiene el objetivo de fomentar la divulgación de la ciencia entre personas con Diversidad Funcional (actualmente usado como sinónimo de Discapacidad).

La asociación está constituida por un heterogéneo grupo de personas (profesores y alumnos de universidad, investigadores y otros profesionales) que partimos de la base de que la ciencia es una de las expresiones más inherentemente humanas de nuestra relación con el medio natural. Es una expresión cultural que debe ser conocida y apreciada por todos. Para lograrlo, antes de realizar cualquier acción divulgativa es necesario tener en cuenta una serie de premisas y contar con la colaboración de especialistas y de los propios participantes (García-Frank *et al.* 2016), una puntualización muy importante a la hora de diseñar cualquier actividad científica divulgativa que trate de eliminar todas las barreras a la participación.

Trabajando bajo esta óptica, la asociación ha recibido una serie de reconocimientos internacionales, como la "Public Engagement Grant" de la Unión Europea de Geociencias (abril 2016) y las actividades de Ciencia sin Barreras figuran entre las 100 mejores Prácticas Innovadoras de 2016 en Educación y TIC por la Organización Zero Project a nivel mundial (<http://zeroproject.org/practice/spain-ciencia-sin-barreras/>).

Por la propia composición inicial de la asociación, principalmente geólogos, la mayor parte de los talleres realizados hasta el momento han tenido como base la Geología, debido a la facilidad de usar materiales táctiles y poder realizar actividades multisensoriales. En todo caso, las actividades que se diseñan por los investigadores de la asociación, en colaboración con expertos en Didáctica, Pedagogía, Trabajo Social o Psicología,

tienen un diseño universal, es decir, que tanto la actividad como los materiales didácticos utilizados pueden ser empleados para todo tipo de público, con una pequeña adaptación de las explicaciones en función del público concreto al que va dirigido el taller. 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.

Discapacidad Intelectual

Se ha trabajado con dos centros, por lo que la forma de abordar los talleres con ambos ha sido diferente. El colegio María Corredentora es un centro de formación reglada con cursos de Programas Profesionales. El centro San Pedro Apóstol es un centro de terapia ocupacional con asistentes, en general adultos. Mientras que con los alumnos del San Pedro los talleres pretenden ser un momento de esparcimiento y de aprendizaje de conceptos y de adquisición de habilidades generales, en el centro María Corredentora tienen que estar relacionados con la programación docente impartida.

■ Con el centro San Pedro se había realizado un trabajo previo que culminó con la preparación y exposición de un diorama del paleoambiente de Madrid hace unos 14 millones de años (De la Ossa *et al.*, 2012). Gracias a estas nociones de Paleontología, la asociación preparó una nueva actividad para aplicar estos conocimientos previos y usar la deducción. Así, se han realizado tres talleres diferentes en la Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM (Iglesias *et al.*, 2015): "¿Qué te cuentan mis dientes?" en la que se deducía la dieta (herbívora, carnívora y omnívora) a partir del tipo de dentición de diferentes animales prehistóricos; "¿qué te cuentan mis patas?" en la que, con réplicas de extremidades de caballos en tres estadios evolutivos diferentes, se explicaban las variaciones en el tamaño, número de dedos o la forma de apoyo, que permiten inferir el tamaño total del animal, su grado de adaptación a la carrera o el tipo de ambiente en el que viviría; "¿qué te cuentan mis huellas?" en la que con dibujos de huellas de diferentes animales sobre papel continuo y pasta de sal para hacerlas, se explicaban los datos que proporcionan las huellas, como por ejemplo el número de extremidades que se apoyan o la dirección y sentido del movimiento (**Figura 1a**). La misma actividad se realizó con el Centro María Corredentora en el Yacimiento de Somosaguas.

En cuanto a las actividades realizadas con los alumnos de este último centro, hay que señalar que han sido más variadas para poder ser aplicadas a los diferentes temas de ciencias que trabajaban en sus clases, y han incluido talleres y salidas de campo:

- Durante diversas visitas a la Facultad de C.C. Geológicas se realizaron talleres en relación con la evolución de la Tierra utilizando las analogías de “Tierra bebé”, “Tierra joven” y “Tierra madura” con diferentes disposiciones de las masas continentales para explicar las variaciones tectónicas (**figura 1b**), así como la evolución de la vida usando réplicas y fósiles (Muñoz García *et al.*, 2015).

- Salida de campo a la Sierra de Madrid (Museo del Agua de El Berruoco y presas del Atazar y Pontón de la Oliva). Tanto en una sesión preparatoria como durante la excursión se trabajaron conceptos relacionados con las rocas de la sierra y el ciclo del agua. Se utilizaron muestras de mano, y en el campo cada alumno tuvo que asignar cada roca a una parada (**figura 1c**). En cuanto al ciclo del agua, se explicaron los diversos ambientes en los que se deposita y por los que circula el agua, las variaciones entre dulce y salada, o las intervenciones humanas para su consumo, por ejemplo a partir de las presas. Finalmente, esta salida sirvió para explicar la importancia de la preservación del patrimonio natural (García-Frank *et al.*, 2014).

- Salida de campo al Parque Regional del Sureste (cerca de la laguna del Campillo, Rivas Vaciamadrid), donde los alumnos trabajaron conceptos relacionados con el medio ambiente (**figura 1d**), los ambientes de sedimentación y los tipos de rocas que generan y sus posibles usos por parte del hombre.

Discapacidad visual y/o auditiva

Los siguientes talleres, propuestos para personas con ceguera y sordoceguera, necesitan una serie de adaptaciones para facilitar las explicaciones sin la necesidad de ver y dan mucha importancia a la capacidad de percepción táctil de los asistentes:

- Talleres de distintas ramas de la Geología (Facultad C.C. Geológicas, UCM; ver Gómez-Heras *et al.*, 2014). Distintos conceptos geológicos fueron adaptados para explicar el calor interno de la Tierra (rocas calentadas), el tiempo geológico (recorrido con hitos marcados sobre el suelo con plástico de burbujas), el relieve terrestre (mapas tridimensionales); características hápticas de algunos fósiles, minerales o estructuras sedimentarias (muestras de mano; ver **figura 2a**).

- Taller de Paleontología (Yacimiento de Somosaguas). Se explicaron las diferentes técnicas de excavación, y los asistentes pudieron participar guiados por alumnos de la propia excavación, lo que supuso un momento de socialización. La temática especial del taller permitió profundizar en los aspectos ambientales y climáticos que se deducen de la asociación de restos encontrados (**figura 2b**; Navalpotro *et al.*, 2015).

- Campamento al Geoparque de Zumaia (País Vasco). Se realizó un taller de reconocimiento de rocas, sedimentos y huellas fósiles en el centro de interpretación de Algorri y se reprodujo el proceso de formación de una turbidita (Flysch de Zumaia; **figura 2c**). En la playa se mostraron las rocas, sedimentos y fósiles descritos en el taller, y se pudieron realizar inferencias

Figura 1: Diversas actividades realizadas con personas con discapacidad intelectual en aulas y el campo. **a)** Taller de huellas fósiles. **b)** Talleres de evolución de la Tierra. **c)** Identificación de rocas durante una salida de campo. **d)** Explicación de aspectos relacionados con el medio ambiente.





Figura 2: Actividades realizadas con personas con discapacidad visual y/o auditiva en aulas y en campo. **a)** Taller de identificación de elementos geológicos. **b)** Participación en una excavación paleontológica. **c)** Reproducción casera del proceso de formación de una turbidita. **d)** Reconocimiento de estratos sedimentarios en Zumaia.

sobre los procesos que han verticalizado los estratos o la importancia de los estratotipos indicados mediante clavos dorados. Además, uno de los objetivos de esta salida larga era la socialización, para poder integrar el conocimiento geológico con la importancia del geoturismo o la historia y cultura del lugar. En este caso se aprovechó para relacionar escenas de la película "Ocho apellidos vascos", filmadas en la Ermita de San Telmo, y los estratos visitados (**figura 2d**) y se grabó el documental "Geología sin barreras" (<https://www.youtube.com/watch?v=i2uWUBsY3Ow>).

Además de esta labor, centrada en Madrid y relacionada con la Geología, se han realizado otras acciones divulgativas en otras ciudades y en relación con otras disciplinas (ver <https://www.facebook.com/cienciasinbarreras>).

Por último, desde la asociación creemos que toda acción dirigida a desarrollar la divulgación científica es positiva y será bien recibida, pero es un camino arduo. Como contrapartida hay que resaltar que todas las adaptaciones al conocimiento requieren un gran esfuerzo por parte de productores, editores y difusores. Hoy en día, pese a que la legislación lo prescribe, realizar estas adaptaciones no es un proceso normalizado, por varias causas recogidas por muchos divulgadores: el desconocimiento, la falta de disponibilidad de recursos, la carencia de demanda e incluso la insensibilidad social sobre el acceso a la ciencia. Pero está en nuestras manos conseguir que la Ciencia sea accesible para todos implicándonos en el proceso. ■

Bibliografía

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): 290-296.

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

García-Frank, A., Pérez Barroso, R., Espín Forjan, B., Benito Manjón, P., De Pablo Gutiérrez, L., et al. (2014) Divulgación de la Geología: nuevas estrategias educativas para alumnos con necesidades educativas especiales por discapacidad intelectual. *El CSIC en la Escuela*. 10: 56-67.

Gómez-Heras, M., Gonzalo, L., García-Frank, A., Sarmiento, G.N., González, L. et al. (2014) Geología para sordociegos: una experiencia multisensorial para la divulgación de la ciencia. *El CSIC en la escuela*. 10: 45-55.

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. Vol. Act. XIII Encuentro Jóvenes Investigadores en Paleontología: 154-162.

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 de las Ciencias de la Tierra*. 23(1): 220-231.

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: 4-6.

Formación en competencias: ejemplos de recursos químicos contextualizados

Gabriel Pinto Cañón, Manuela Martín Sánchez, María Teresa Martín Sánchez

Grupo de Didáctica e Historia. Reales Sociedades Españolas de Física y de Química



The Second Battle of Ypres, por Richard Jack (1866-1952). Fuente: *Canadian War Museum*.

Desde hace años se promueve, como aspecto educativo estratégico para el desarrollo de la “Europa del Conocimiento”, la adquisición de competencias clave (*key competences*), consideradas como combinación de habilidades, conocimientos, actitudes y aptitudes. En España, en la orden ECD/65/2015 (B.O.E. 29 enero 2015) se describen las relaciones entre competencias, contenidos y criterios de evaluación de Educación Primaria, E.S.O. y Bachillerato. 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 establecen las competencias clave del currículo: (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.

Sobre competencias básicas en ciencia y tecnología, se indica 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 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).

Los docentes de distintas etapas educativas demandan metodologías que faciliten el trabajo por competencias. Por ello, llevamos años desarrollando ideas para la enseñanza contextualizada de las ciencias experimentales. Aquí se resumen dos ejemplos.

Ejemplo 1: Diversos aspectos en torno a las armas químicas

El pasado año se cumplió el centenario de la utilización por primera vez en la Primera Guerra Mundial, el 22 de abril de 1915, en la segunda batalla de Ypres (Bélgica), de lo que se conoce con el nombre de “armas químicas”, que produjeron innumerables muertos y heridos. A lo largo de estos cien años se ha seguido trabajando en el desarrollo de armas más potentes, que se han utilizado la última vez en la guerra de Siria. Consideramos que es un tema importante para trabajar y discutir con los estudiantes, y por eso sugerimos que podría ser adecuado para un seminario en el que podrían participar varios departamentos (implica aspectos científicos, históricos y políticos diversos). El seminario consistiría en una sesión previa donde se presentarían los temas para elegir, el plan de trabajo y el procedimiento de evaluación.

Algunos apartados podrían ser: biografía del químico alemán Fritz Haber (con una labor controvertida en su tiempo: propició la síntesis industrial del amoníaco, clave para el desarrollo de fertilizantes, y contribuyó en el desarrollo de armas químicas); gases utilizados en la Primera Guerra Mundial y otros desarrollados con posterioridad; efectos químicos y biológicos, y posibles antídotos; obtención y estabilidad de estas sustancias; otras aplicaciones y especies químicas similares usadas con otra finalidad; destrucción de armas químicas (*Chemical Weapons Convention*, 1993). Tras la elección del tema los alumnos, en grupos de tres o cuatro, discutirán con el profesor (tutorías presenciales o por correo electrónico) un esquema del tema escogido, indicando qué puntos pretenden abordar y con qué bibliografía cuentan para lo que dispondrán de un máximo de un mes. Posteriormente deberán escribir el tema para entregarlo en el plazo de otro mes y, por último, se hará la presentación oral con ayuda de programas como el *Power Point*. En este sentido, el componente fundamental es el contenido, que debe ser claro y escueto, con colores y tamaño de letras adecuados. De esta forma se irán acostumbrando a hablar en público, que también es una competencia necesaria para cualquier ciudadano.

El trabajo escrito ameno, coherente y no repetitivo, cumplirá las condiciones de cualquier artículo que se presenta para publicar en una revista: tiene que ser original e incluir la bibliografía utilizada. Por tanto, requiere hacer una síntesis personal de la documentación leída. Es necesario mostrar a los alumnos 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 las fuentes para conocer su fiabilidad. Las presentaciones orales se harán todas en una o dos sesiones, dependiendo del número de alumnos, acompañadas de una discusión que moderará el profesor. 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.

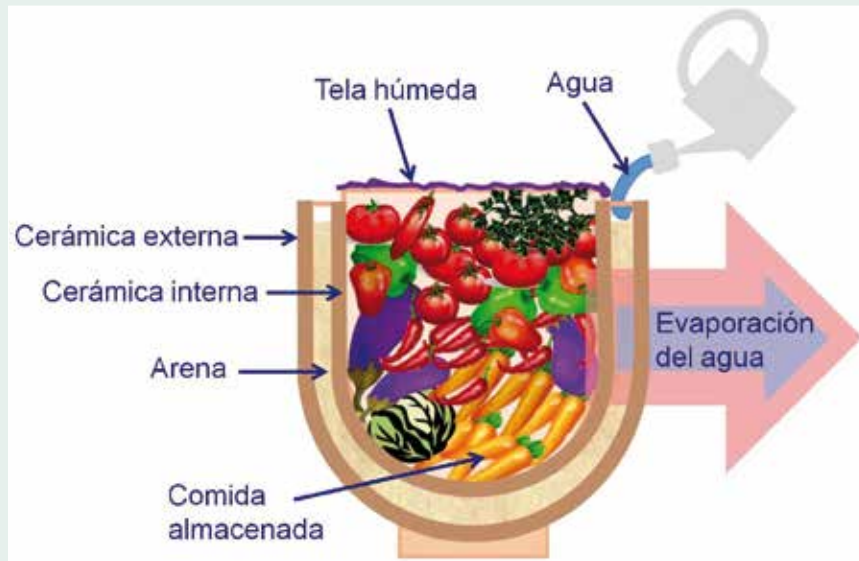
Ejemplo 2: Fundamento e implicaciones del enfriamiento del agua en recipientes cerámicos porosos

El enfriamiento del agua en recipientes cerámicos porosos (conocido en la práctica desde hace miles de años) 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 conceptos fisicoquímicos (calor de vaporización, transmisión de calor, evaporación, humedad del aire, etc.), es un tema interdisciplinar que permite plantear aspectos de tecnología (como la relación entre estructura, propiedades y procesado de 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.

El agua contenida en recipientes cerámicos porosos, como los populares botijos, se enfría por un efecto bien conocido: a través de los poros se exuda agua (por capilaridad) que, al evaporarse, toma la energía térmica necesaria del agua interior, con lo que esta se enfría. La temperatura más baja a la que puede llegar el aire por evaporación del agua en su seno, o temperatura húmeda del aire, determina la temperatura mínima teórica que puede alcanzar el agua en una vasija cerámica.

Hace unos años, la marca de relojes Rolex otorgó uno de los premios que concede, para reconocer el desarrollo de inventos pioneros que promueven cambios significativos, al profesor Mohammed Bah Abba. Se destacaba así su invención 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. El 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, entre los que se introduce arena humedecida. En 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.

El profesor Abba observó que berenjenas o tomates, que duran en el clima de la zona del orden de tres días,



Esquema del frigorífico "pot in pot" inventado por el Prof. M. B. Abba (1964-2010).

ción más duradera: cuanto más fríos estén, más tiempo serán aptos para el consumo, por ser menor su velocidad de degradación. Se debe a un hecho bastante universal: la velocidad de las reacciones químicas disminuye al descender la temperatura. La vida de las bacterias 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.

Todo esto puede servir de inspiración para profesores de distintas

se mantienen aptos para el consumo durante casi un mes en su frigorífico. En una economía de subsistencia, como la característica de la zona (norte de Nigeria), muchas niñas dedicaban la mayor parte de su tiempo a la venta ambulante de vegetales perecederos que, en ese clima tan cálido, duran apenas unos días. Al permitirse espaciar su venta pudieron asistir más asiduamente a la escuela. Al no necesitar electricidad, se evitan emisiones de dióxido de carbono, por lo que promueve un desarrollo sostenible. Y, además, se potencia la industria alfarera de la zona.

Para que la vasija sea eficiente requiere encontrarse en un ambiente seco. Esta situación, característica de los climas mediterráneo o semidesértico, con veranos secos, supone una cierta rareza climática.

La cerámica con la que se fabrica la vasija ocupa un papel relevante. Es un material aislante térmico, por lo que resguarda al interior del calor externo. Si no fuera porosa, no se produciría evaporación del agua y, por tanto, no habría refrigeración (como ocurre con los botijos barnizados). Para preparar objetos de cerámica, se trata una arcilla adecuada con agua, lo que la hace deformable (adquiere comportamiento "plástico"). Las arcillas están constituidas por silicatos de estructura laminar, y se hacen plásticas con el agua porque esta sustancia les otorga un efecto "lubricante" que facilita el desplazamiento de las láminas entre sí. Una vez conformada una pieza de arcilla humedecida con la forma deseada, se somete a un ciclo de secado y calefacción, produciéndose procesos químicos que hacen rígido al material. Todo esto puede analizarse dentro de la asignatura de Tecnología, al tratar los materiales cerámicos.

El descenso de temperatura que se produce en el frigorífico zeer provoca la ralentización de los procesos bioquímicos de degradación de los alimentos, aumentando su duración. Esto es el fundamento, a grandes rasgos, de la refrigeración de los alimentos para su conserva-

etapas educativas, para abordar trabajos 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, o preparando ellos mismos los recipientes con arcilla. En este caso, pueden analizar experimentalmente la efectividad de la refrigeración conseguida en la conservación de distintos tipos de alimentos, y discutir ventajas e inconvenientes, aplicaciones y propuestas de mejora.

Conclusiones

Existen multitud de posibilidades para abordar con los alumnos el aprendizaje en competencias. Tras resumir un par de ejemplos relacionados con las ciencias experimentales y también con otros ámbitos, como ciencias sociales, se remite al lector interesado a la publicación completa de estos casos, por la editorial Santillana, que se realizará en breve y se difundirá en libre acceso como en anteriores ocasiones. ■

Bibliografía

MARTÍN, M.; PINTO, G.; HERNÁNDEZ, J. M.; MARTÍN, M. T. (2015), Cien años de armas químicas, *Anales de Química*, Vol. 111, pp. 224-229.

PINTO, G.; MARTÍN, M.; 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., BRANDO FERNÁNDEZ, A. (editores), *Actas del II Congreso de Docentes de Ciencias*, Santillana, Madrid, pp. 309-317. Disponible en: <http://bit.ly/23Y3Tn9>

PINTO, G. (1995), Enfriamiento del agua contenida en un botijo. Disponible en: <http://bit.ly/1SEngyy>

Una propuesta docente: El Museo de Ciencia y Tecnología

José Tomás Pastor Pérez. *Jefe del departamento Científico-Tecnológico del CFPA Mercè Rodoreda*

El departamento Científico Tecnológico del Centro de Formación de Personas Adultas (CFPA) Mercè Rodoreda de Elche (Alicante), para mejorar la calidad del servicio formativo que ofrece, ha desarrollado un nuevo modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje: **El Museo de la Ciencia y la Tecnología (MuCyT)**. Este modelo ha permitido situar al departamento Científico Tecnológico como referente en la mejora de la calidad educativa del centro y la introducción de competencias. Esta propuesta educativa se ha desarrollado gracias a la experiencia adquirida por el centro a través de los últimos proyectos europeos en los que ha participado. El modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje diseñado se estructura, tal y como se muestra en la figura 1, según el planteamiento que realiza De Miguel (2005).

El 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. Se muestra en la figura 2 el pasillo donde se ha ubicado el museo en su primer año de vida. Gracias a las nuevas piezas creadas en el curso 2015/16 el museo pasará a ocupar otros tres pasillos del centro educativo.

El MuCyT se basa en la modalidad organizativa de **"Prácticas Internas"**, la cual permite desarrollar la formación de los alumnos en un entorno semi-profesional que facilita el aprendizaje colaborativo. Esta modalidad organizativa se sitúa entre la presencialidad y la no presencialidad. Por otro lado, el proceso de enseñanza-aprendizaje diseñado para el Museo de la Ciencia y la Tecnología utiliza como principal método de enseñanza el Aprendizaje Basado en Proyectos.

El sistema de evaluación, junto con la modalidad organizativa y el método aplicado, constituye el tercer elemento para poder realizar con éxito un aprendizaje basado en competencias. Para diseñar el sistema de evaluación se ha tenido en cuenta al alumnado y sus características específicas. Bajo esta perspectiva, la evaluación del trabajo realizado por los alumnos se plantea desde diferentes estrategias y procedimientos con la intención de reducir la presión sobre ellos y permitirles centrarse en realizar un buen trabajo y desarrollar nuevas competencias.

RESULTADOS

Se concretan en los siguientes siete puntos:

1) Mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje

El proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollado para el MuCyT ha permitido reforzar la asignatura de Ciencia y Tecnología, no solo en contenidos de tecnología, sino también en competencias. 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 mejora en la calidad de la enseñanza y aprendizaje también se fomenta a través de la interacción entre las diferentes asignaturas que forman parte del ámbito científico-tecnológico y con los otros ámbitos formativos.

2) Potenciar la participación e implicación del alumnado en aquellas actividades que permitan mejorar los resultados

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 para realizar. A este planteamiento se le suma la motivación que proporciona la **formación basada en retos**. El reto de crear una pieza para el museo permite que el alumnado pueda mejorar sus resultados.

El MuCyT se plantea desde una **perspectiva abierta** al entorno económico y social, lo que facilita la participación del alumnado en toda una serie de actividades que le permiten desarrollar una gran cantidad de competencias; participación que se canaliza a través de la Red Española de Museos Es-

MODELO DEL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE



Figura 1: Modelo del Proceso enseñanza-aprendizaje, según De Miguel, M (Dir) et al. (2005).

colares 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 la creación de una **comunidad de aprendizaje** en la que se produce la negociación de significados que refuerzan el proceso de aprendizaje.

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. Y en concreto, el MuCyT, por sí mismo, 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 por 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

Según la valoración del alumnado que asiste a los centros de formación de personas adultas de la Comunidad Valenciana, además de las competencias clave, existen una serie de competencias que son más importantes 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, las cuales son, sin duda alguna, las herramientas necesarias para que nuestros alumnos puedan adaptarse a los **nuevos retos de la sociedad del conocimiento**.

5) Mejorar la formación a través del trabajo cooperativo

Uno de los métodos que se utilizan en el modelo del proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollado a través del MuCyT 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. De esta forma, la colaboración no solo se produce dentro de cada equipo, sino que también se realiza entre los diferentes equipos; sin olvidar aquella que se da entre los profesores del centro y las asignaturas que estos imparten.

6) Sacar el aprendizaje del aula

El modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje utilizado en el proyecto 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. Hay que 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



Figura 2: Museo curso 2014/2015.

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. En concreto, durante el curso 2015/16 se realizó la visita al Museo de las Ciencias Príncipe Felipe y a la Universidad Miguel Hernández con motivo de la II Feria de la Ciencia y la Tecnología de Elche (FeCiTElx).

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. Este objetivo se desarrolla a través de la Red Española de Museos Escolares de Ciencia y Tecnología (REMECYT), y en la que el alumnado es el actor principal.

Los alumnos aprenden a valorar la importancia de la Ciencia y la Tecnología como elemento fundamental para el desarrollo económico y social de la sociedad en la que viven, lo cual les lleva a comprometerse con la difusión de la ciencia y la tecnología, compromiso que se desarrolla desde el punto de vista de un planteamiento de **Aprendizaje-Servicio (ApS)**. En este sentido, el trabajo que los alumnos desarrollan para el Museo es una forma de divulgar la ciencia y la tecnología en la sociedad en la que viven. Tal y como realizaron en la "Primavera Educativa", un acto de difusión de buenas prácticas educativas que se celebró en Valencia para la comunidad educativa y el público en general.

CONCLUSIÓN

El nuevo modelo de proceso de enseñanza-aprendizaje que se ha presentado en este artículo ha permitido alcanzar los objetivos inicialmente propuestos, mejorando la calidad educativa del CFP Mercè Rodoreda. Por ello, el Departamento Científico-Tecnológico de este centro y toda la comunidad REMECYT (www.REMECYT.es) están a disposición de cualquier profesor para ayudarle a desarrollar un Museo de Ciencia y Tecnología para su centro, ya sea de primaria, secundaria, formación de personas adultas, formación profesional, e incluso universitario. ■

Bibliografía

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. 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.

EL DÍA DE LA LUZ: un proyecto docente en formato taller

Dra. Verónica Tricio Gómez (Grupo de investigación ENFIS)
y Dr. Ramón Vilorio Raymundo

Departamento de Física, Universidad de Burgos (UBU)
vtricio@ubu.es / rvilorio@ubu.es

En este breve artículo se describe un proyecto docente de comunicación y divulgación, denominado *El día de la Luz*; que se ha elaborado como colaboración en el "Año de la Luz" con materiales, demostraciones y actividades de elaboración propia, que pretenden fomentar la cultura científica. El programa de acciones se inició en marzo del año 2015, ha durado hasta febrero de 2016, y se ha llevado a cabo en varias ciudades. Presentan un formato de talleres de óptica en siete bloques independientes, con una serie de actividades de aprendizaje activo que se han preparado adaptadas a las necesidades del Centro educativo o Institución donde se realizan.

UN PROYECTO DE COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA

La educación es el medio más adecuado para la adquisición de la cultura científica básica indispensable en el mundo de hoy¹. 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, con 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 científico².

Un excelente motivo para que el profesorado colabore en la comunicación de la ciencia son las efemérides. El año 2015 fue proclamado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU)

como el *Año Internacional de la Luz y las Tecnologías basadas en la Luz* y contó con el copatrocinio de más de 30 países, entre ellos España³. Esta proclamación motivó que se iniciara en nuestro país un conjunto ambicioso de actividades. Con el estímulo de comunicación de la importancia de la luz y sus tecnologías asociadas, los autores de este trabajo han colaborado en la celebración del *Año de la Luz* mediante la elaboración del proyecto docente *El Día de la Luz*.⁴ El proyecto busca propiciar, por diversos métodos y a través de la enseñanza, la comunicación y divulgación de la ciencia.

ACCIONES DE "EL DÍA DE LA LUZ"

El Día de la Luz se presenta en un formato taller de siete bloques independientes. 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^{5, 6}, el público asistente tenga contacto con experiencias directas y cercanas, relativas a la ciencia de la luz y a sus aplicaciones cotidianas y pueda descubrir y comprender distintos conceptos científicos y técnicos relacionados.

Se realizan actividades adaptadas a las necesidades de la Institución en donde se desarrollan. El proyecto está orientado inicialmente a los niveles formativos de primaria y secundaria,

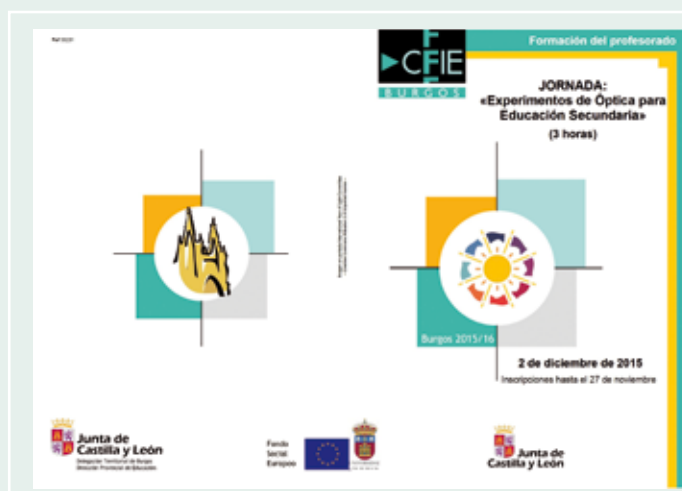


Figura 1. Imágenes representativas de algunas de las acciones realizadas.

pero se ha presentado en ámbitos socio-educativos diversos. Durante el año 2015 y principios del 2016, se ha llevado a cabo la experiencia en seis centros educativos, en un centro de arte contemporáneo y en una feria de ciencia y tecnología. En la **figura 1** se han incluido imágenes representativas de tres de las acciones realizadas.

En cada experimento desarrollado aparecen reflejados sus objetivos formativos específicos. En consonancia con dos de los objetivos de la Declaración de la ONU para el Año de la Luz, los objetivos generales en el conjunto de estas acciones 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.*

EXPERIMENTOS DESARROLLADOS EN EL TALLER

Para alcanzar los objetivos se han preparado materiales, demostraciones y un conjunto de actividades interactivas de elaboración propia que resulten instructivas para los estudiantes y entretenidas para el público en general. A través del descubrimiento, del juego y de manera manipulativa, el grupo asistente toma contacto con experiencias directas y cercanas relativas a la ciencia de la luz y sus aplicaciones cotidianas. En las presentaciones también se pone de manifiesto, a nivel cualitativo, y si se requiere a nivel cuantitativo, algún principio físico de la óptica y sus aplicaciones.

Bien a través de medidas experimentales utilizando materiales caseros o a través de presentaciones didácticas, experiencias de cátedra o demostraciones interactivas, la dinámica del taller se diseña para poder responder a una batería de casi cincuenta preguntas clave que se han preparado para el desarrollo del mismo.

Cada experimento se diseña y se prepara teniendo en cuenta en primer lugar el nivel de los receptores del mismo, e incluyendo los objetivos formativos específicos, los materiales didácticos utilizados, dinámica del proceso y actividades que se han de realizar. En la **figura 2** se muestran varias imágenes representativas de los experimentos.

Experimento 1. La luz del espectro electromagnético. Es una actividad introductoria a todas las demás que componen el taller. Se trata de reconocer la zona del espectro electromagnético en la que se encuentra la luz visible y otras zonas de interés del mismo. Se presentan algunas magnitudes físicas y conceptos relacionados como fotón, longitud de onda, cuanto de energía y velocidad de la luz. Se presentan ejemplos de utilidad en la vida cotidiana de las distintas radiaciones electromagnéticas (**figura 2a**). Se responde a las preguntas clave con la observación del espectro electromagnético y con datos de alguna de las magnitudes físicas de la radiación. Se identifican las magnitudes y unidades físicas en el espectro y se determinan algunos valores para ondas electromagnéticas distintas a la luz visible. Se hace una introducción a la naturaleza de la luz en sus aspectos corpuscular y ondulatorio.

Experimento 2. Una maleta llena de luces y... algunas sombras. Es una actividad de descubrimiento. Se trata de reconocer los elementos que hay en la maleta y saber su utilidad en la vida cotidiana. Los objetivos formativos que se pretenden alcanzar son: presentar instrumentos ópticos diversos; introducir materiales con diferentes comportamientos ópticos (opacos, transparentes, luminiscentes, reflectantes...); conocer diferentes tipos de fuentes de luz y su interacción con los materiales anteriores; y, por último, mostrar la formación de sombras y describir los eclipses. Los materiales son variados: fibra óptica, linternas, microscopio antiguo, láseres, lámparas varias (UV, incandescente, bajo consumo, LED), maqueta del sol y la luna para hacer eclipses, billetes en curso, materiales luminiscentes, rueda de colores, etc. La dinámica del proceso pretende abordar las preguntas claves mediante lluvia de ideas y con la observación de las propiedades de la luz utilizando los diversos elementos que se van sacando de la maleta (**figura 2b**).

Experimento 3. 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 (**figura 2c**). Se realizan experiencias con láseres en aire y medios líquidos con el objetivo de visualizar la reflexión, refracción y la reflexión total interna y estudiar las leyes asociadas. Se explica la fibra óptica y sus aplicaciones, se realiza la experiencia del chorro de agua que guía la luz (experiencia de Colladon). Se muestran distintos patrones de difracción con diversas ranuras y un puntero láser y se descompone la luz blanca mediante un prisma. Si los destinatarios son profesores, se plantea hacer mediciones de índices de refracción y de parámetros de difracción.

Experimento 4. La flecha de la luz. Es un juego de asociación. Se trata de relacionar: Científicos-instrumentos-épocas de la historia-localización geográfica-descubrimiento científico. Se aportan diversos materiales didácticos: presentación de una historia resumida de la luz; un tablero en el que haya siete casillas o sobres sujetos a un hilo (**figura 2d**); varias fichas de papel con diferente contenido (la imagen del científico, sus datos, el contexto histórico, descubrimientos relacionados o trabajo que hizo, el instrumento o figura representativa, aplicaciones sociales...).



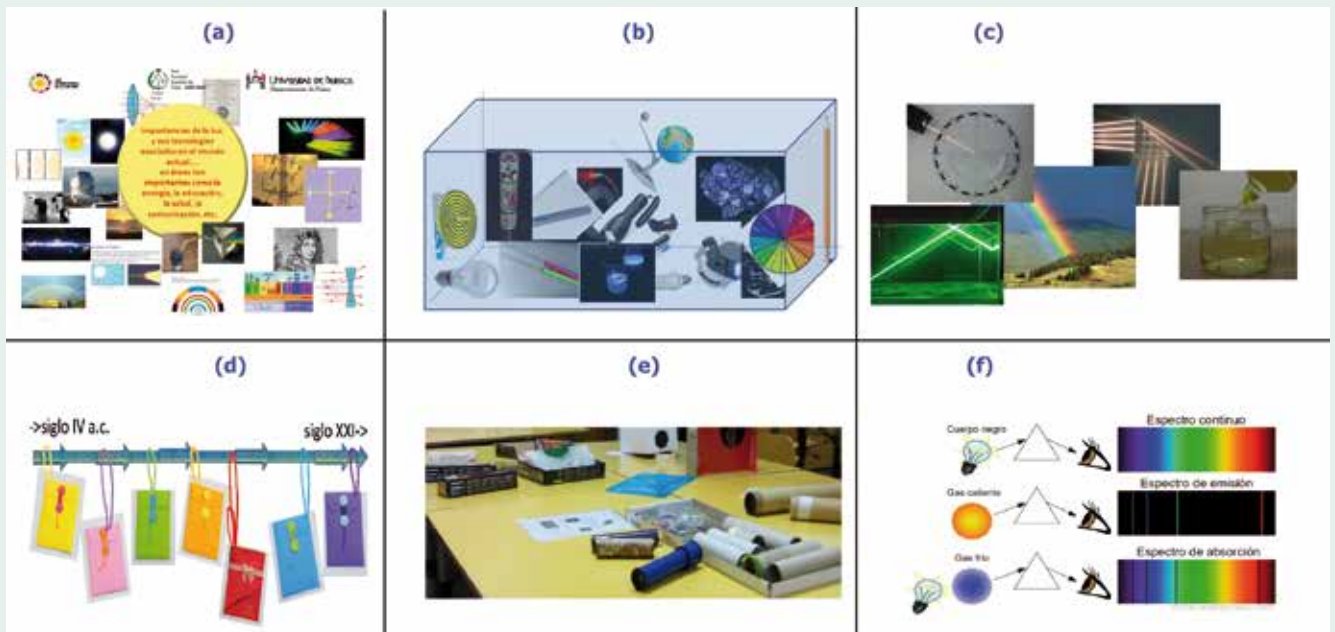


Figura 2. Imágenes representativas de algunos de los experimentos realizados.

Experimento 5. Científicas con muchas luces. Es una actividad en grupo, cuyos objetivos formativos son: a) 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”. b) Mostrar el papel que la mujer ha tenido en la ciencia/astronomía. Se trabaja con tres cuestionarios y dos documentos: exposición “Investigadoras en la Luz y en las Tecnologías de la Luz” y calendario “Women Astronomers who made history 2010”.

Experimento 6. Construyendo instrumentos ópticos caseros. Es una actividad en grupo de destreza y aplicación de lo aprendido (figura 2e). Se trata de construir los instrumentos con materiales sencillos, que tienen su base en la aplicación de la óptica. La dinámica incluye los siguientes pasos: responder a las preguntas clave con los cuestionarios presentados; proceder en grupo a la construcción de un caleidoscopio, un espectroscopio, un proyector; reflexionar sobre el proceso y las propiedades de la luz en cada instrumento; finalmente, cada grupo podrá presentar y defender su propuesta de construcción.

Experimento 7. Luminarias y comparación de espectros. Es una actividad relacionada con competencias de conocer, hacer y saber hacer. Se experimenta con 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. Se trata de observar la iluminación de distintas lámparas, observar sus espectros luminosos y compararlos, realizando también medidas con el luxómetro (figura 2f).

RESUMEN FINAL

El proyecto el *Día de la Luz* se ha desarrollado de forma muy satisfactoria. Por un lado, las opiniones que nos han trasladado los asistentes muestran una alta valoración de los talleres. Por otra parte, se han alcanzado los objetivos previstos mediante visualizaciones ópticas y pequeños experimentos que

han fomentado el interés por la ciencia. El taller ha incorporado actividades muy variadas, muchas realizadas con materiales caseros (introdutorias, de descubrimiento, de experimentación, de asociación, de destreza y aplicación,...) que han permitido fomentar la participación activa de los asistentes.

En conclusión, los buenos resultados 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.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Comité Español para la celebración del Año Internacional de la Luz 2015 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. ■

1. 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.
2. TRICIO GÓMEZ 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.
3. Año Internacional de la Luz 2015, [en línea], disponible en <http://www.luz2015.es/index.php>, [consultado el 3/03/2016].
4. TRICIO, V. y VILORIA, R. (2015), El día de la Luz. En Libro de Resúmenes de XXXV Biental de Física, Simposio 25º Encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física, Editorial RSEF, pp. 576-577.
5. SZIGETY, E., VIAU, J. E., TINTORI FERREIRA, M.A. & 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.
6. SOKOLOFF, D. R. (2012). Active learning of introductory optics: Strategies for the US and the developing World. Lat. Am. J. Phys. Educ., 6 (1), pp. 16-22.