www.gecarbon.org

BOLETIN del Grupo Español del Carbón

ISSN 2172 - 6094
nº 48/Junio 2018

INDICE

Del laboratorio al aula: entrelazando investigación, formación y divulgación científica en el campo de la nanotecnología.....2

"Esto me huele a ciencia". Descubrir el método científico a través de los aromas.....8

Encuentros con la Ciencia: conocimiento científico al alcance de todos.....16

Apadrina la Ciencia, una asociación de científicos comprometidos con su profesión y con la sociedad..25

Química e Ingenieria Verde & Laboratorios Online: una estrategia creativa de enseñanza.....29

Como montar y desmontar una pseudociencia y otras actividades de la Semana de la Ciencia y la Tecnología de un instituto de secundaria 34

LIFE + RESPIRA: Reducción de la exposición de ciclistas a contaminantes urbanos.....40

Editor Jefe:

M. Olga Guerrero Pérez
Universidad de Málaga

Editores:

Carolina Belver Coldeira
Universidad Autónoma de Madrid

Raúl Berenguer Betrián
Universidad de Alicante

Tomás García Martínez
Instituto de Carboquímica (CSIC)

Manuel J. Pérez Mendoza
Universidad de Granada

Fabián Suárez García
Instituto Nacional del Carbón (CSIC)

Editorial

La divulgación es un tema de creciente interés para toda la comunidad científica. Durante los últimos tiempos ha quedado patente la importancia de esta tarea, necesaria para que el público en general comprenda qué se está investigando y porqué, algo imprescindible si queremos que la sociedad invierta cada vez más medios en desarrollar conocimiento científico. También parece obligado comunicar a la sociedad los resultados de proyectos de investigación financiados con dinero público. Además, estas tareas sirven para incrementar la visibilidad de los científicos, puesto que se ha observado que en los últimos años cada vez aparecemos menos en los medios de comunicación, estamos, podríamos decir, infravalorados, al carecer de popularidad, y tenemos poca representación en los órganos importantes de toma de decisiones en la sociedad (política). Estos factores, además, están haciendo que disminuyan las vocaciones científicas, lo cual es preocupante en una sociedad que pretende lograr un desarrollo sostenible. No hay dudas en cuanto a que la Ciencia ha dotado a nuestra sociedad de un nivel de esperanza de vida y bienestar inimaginable hace algunos siglos, y si queremos seguir viviendo con este nivel, e incluso mejorarlo, necesitaremos aumentar las vocaciones de los actuales escolares para lograr tener muchos científicos en el futuro. Con este panorama, los gobiernos, las instituciones, y las sociedades científicas llevan años tratando de fomentar que los científicos dejemos los laboratorios, de vez en cuando, y salgamos a la calle a divulgar, a contarle al público en general la gran labor social qué hacemos y el porqué nuestro trabajo es imprescindible; y como no, vayamos a los colegios, a contarles a los niños lo interesante y bonito que es nuestro trabajo, con el objeto de incrementar esas vocaciones tan necesarias. Sin embargo, los científicos ya de por si estamos a menudo saturados con tareas, además de las investigadores, de tipo docente, administrativo y de gestión, y no siempre es fácil encontrar el tiempo y dedicación necesarios para abordar, además, la tarea de divulgar.

En este marco se ha elaborado el siguiente volumen, escrito por científicos y para científicos, con el objeto de intercambiar experiencias en cuanto a la divulgación se refiere. Se hace necesario saber y recapitular lo que estamos haciendo, pues hay muchas experiencias que pueden replicarse o mejorarse, y empieza a ser necesaria la recapitulación de las metodologías en cuanto a divulgación se refiere. También es necesario abrir un debate en cuanto a si se están valorando estas tareas convenientemente o si por el contrario debe, de alguna manera, valorarse más la implicación de los científicos en estas tareas a la hora de concursos y promociones. Con estos objetivos, se ha invitado a diversos divulgadores de toda España a participar en el presente volumen.

M. Olga Guerrero-Pérez

From the laboratory to the classroom: intermingling research, education and scientific dissemination in the field of nanotechnology

Del laboratorio al aula: entrelazando investigación, formación y divulgación científica en el campo de la nanotecnología

Pedro A. Serena. *Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid. CSIC. pedro.serena@icmm.csic.es*

Abstract

This article shows, through the author's experience, how educational and scientific dissemination activities are compatible with scientific activity, providing a set of didactic materials in the field of nanotechnology of interest for teachers of primary and secondary schools.

Resumen

Este artículo muestra, a través de la experiencia del autor, como las actividades de formación y divulgación científica son compatibles con la actividad científica, proporcionando un conjunto de materiales didácticos en el ámbito de la nanotecnología que pueden ser de interés para el profesorado de centros educativos preuniversitarios.

1. Introducción

El desarrollo de las vocaciones científicas en el seno de una sociedad depende de multitud de factores que van más allá de la curiosidad, las habilidades y las capacidades que un grupo de personas posean desde su infancia. La preocupación por el desarrollo de vocaciones STEM (acrónimo en inglés de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) es notoria por parte de algunos gobiernos de los países más desarrollados [1] y mucho se ha estudiado sobre la forma en la que dichas vocaciones se materializan [2]. La conversión en investigadores e investigadoras de esas personas con atisbos de vocación científica depende de un sinfín de circunstancias como el entorno familiar, el acceso a la educación, la existencia de sistemas adecuados de becas, la implantación de programas educativos que potencien la curiosidad y la satisfacción por descubrir los secretos de la naturaleza, un profesorado motivado y reconocido socialmente que reciba una formación continuada, instalaciones adecuadas en colegios e institutos, una interacción constructiva entre el sistema de enseñanza universitario y el pre-universitario, la existencia de políticas que favorezcan el acceso a la universidad de cualquier persona con talento, un sistema adecuado para iniciar, madurar y consolidar una carrera científica, inversiones adecuadas en I+D+I tanto en el sector público como en el sector privado para abordar proyectos disruptivos que requieran y atraigan talento, políticas de fomento de la cultura científica, el interés desde las entidades académicas en difundir sus resultados a los ciudadanos y por contar con ellos en el diseño de sus estrategias, la colaboración con los medios de comunicación, una política científico-tecnológica que coordine todos estos aspectos en un esquema de gobernanza adecuado, etc.

Sin duda, son muchos los factores que intervienen en generar profesionales de la investigación, que sean capaces de insertarse en el sistema académico o en el entorno empresarial, pero de lo que no cabe duda [3] es de la necesidad de estos profesionales para posibilitar la transferencia de conocimiento a una sociedad que posea un modelo económico de mayor productividad, con mayor valor añadido, capaz de ofertar servicios y productos basados en el conocimiento, dejando atrás modelos basados en una mano de obra de bajo coste, en tecnologías antiguas de fácil acceso a cualquier competidor, o en la explotación insostenible de algún recurso natural.

Dicho todo lo anterior, que solo confirma lo complejo que es convertir las vocaciones científicas en una realidad palpable de investigadores e investigadores de elevada calidad, este artículo pretende contar, desde una perspectiva personal, como las actividades de un investigador (el autor en este caso) dirigidas a la divulgación científica o a la formación (en entornos formales e informales), se han incorporado a la actividad científica cotidiana, aumentando con el tiempo tanto la cantidad como la variedad de las mismas. Este artículo amplia considerablemente la información proporcionada en una obra colectiva dedicada a crear vocaciones científicas, obra de gran interés para el profesorado de centros educativos [4].

Se debe mencionar que esta normalización de la actividad relacionada con la divulgación científica se pone de manifiesto en el recientemente publicado Informe EXTRA [5] que muestra que un elevado porcentaje de investigadores e investigadoras realiza la difusión de sus resultados a la sociedad utilizando tanto esquemas de transmisión tradicionales como aquellos que facilitan las redes sociales. Sin duda alguna la potenciación de esta faceta en las universidades, los organismos públicos de investigación y los centros tecnológicos está favorecida por un propicio entorno legal como es, en el caso español, la actual Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación [6], cuyo Título III se dedica al impulso de la investigación científica y técnica, la innovación, la transferencia del conocimiento, la difusión y la cultura científica, tecnológica e innovadora.

Este contexto legal favorable, también iniciado con la anterior Ley de la Ciencia que estuvo en vigor hasta

2011, ha fomentado la creación, dentro del sistema de I+D+I, de unidades de cultura científica que operan en red, de vicerrectorados con competencias en este ámbito, de museos de ciencia, y de entidades que financian actividades de divulgación tanto a nivel nacional como autonómico. Por su especial relevancia se debe destacar la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) [7], tanto por su actividad como agente financiador de actividades de divulgación, como promotor de programas de divulgación o por la elaboración de informes sobre la percepción social de la ciencia. Igualmente, el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MUNCYT) [8], ha tenido una dilatada historia en las actividades de divulgación. Finalmente se debe destacar el papel de la Vicepresidencia Adjunta de Cultura Científica (VAPC) [9] del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) por ser pionera en muchas de las iniciativas que se han puesto en marcha en España, por el gran volumen de actividades que gestiona y el impacto de las mismas sobre cientos de miles de ciudadanos cada año. Se debe mencionar que, si bien el interés por la cultura científica va permeando lentamente en la sociedad y los agentes del sistema de I+D+I empiezan a considerar prioritarios temas como la divulgación científica, la responsabilidad social de la investigación (RSI), o la ciencia ciudadana (CC), el contexto de escasez de recursos en el que se encuentra el sistema de I+D+I español desde hace prácticamente una década [10,11] pone en peligro mucho de lo conseguido y limita las actuaciones en este ámbito a corto y medio plazo, por lo que va ser muy difícil que se pueda cerrar la brecha de nuestro país con relación a otros más desarrollados.

2. Los caminos de la divulgación son inescrutables

En esta sección se van a ilustrar diferentes actividades de divulgación en las que el autor ha participado, con el fin de que sean de utilidad tanto a la comunidad educativa como a aquellos investigadores que desean adentrarse en el diseño y desarrollo de actividades de divulgación. En primer lugar hay que mencionar que, a pesar de las escasas iniciativas dirigidas a fomentar la cultura científica y las vocaciones en los años 60, 70 y 80 del pasado siglo (exceptuando las series televisivas “El Hombre y la Tierra” de Félix Rodríguez de la Fuente o “Cosmos” de Carl Sagan), y la ausencia de internet o de redes sociales en aquel entonces, son muchos los investigadores e investigadoras que pudieron formarse en España, que completaron su formación en universidades y centros de investigación extranjeros, y que ahora forman la columna vertebral de la investigación española. Esto demuestra que dar a luz toda una generación de investigadores e investigadoras no solo se sostiene en una acertada política de fomento de la cultura científica sino que intervienen multitud de factores, y que todos son de gran importancia. En el caso particular del autor de este trabajo, la dedicación a la actividad científica se debe, sin tener en cuenta la curiosidad y predisposición personal a pensar sobre el funcionamiento de las cosas que nos rodean, a la combinación de un contexto familiar favorable al estudio (a pesar de una situación económica no muy desahogada), junto con un modesto pero motivador sistema de becas, y la imprescindible complicidad de un profesorado de ciencias (física, química, biología, geología, matemáticas) en el Instituto de Enseñanza Secundaria Gregorio Marañón de Madrid, que fue capaz de transmitir y mantener pasión por la ciencia. Además, la puesta en marcha por parte de alguna profesora de iniciativas como el trabajo dirigido en grupos, donde estudiantes con buenas calificaciones debían esforzarse en ayudar a compañeros con dificultades, favoreció el desarrollo de capacidades relacionadas con la comunicación de contenidos científicos, adaptándolos a la tipología del interlocutor.

Tras la obtención de la Licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad Autónoma de Madrid, siguió el doctorado en la misma universidad, gracias al impulso a la política de becas de los años 1980, una estancia postdoctoral en los laboratorios de IBM en Zurich (Suiza) y el regreso a España para comenzar la dificultosa andadura como investigador. En todas las etapas de esta andadura se aprovecharon las pocas oportunidades en las que se solicitaba información adicional sobre la actividad científica que se desarrollaba por parte de periodistas, profesores, o personas interesadas. Es importante tener vocación por contar cosas, y no desaprovechar las oportunidades que se presentan a lo largo del camino. De esta forma, antiguos compañeros del bachillerato o de la universidad, convertidos en profesores de educación secundaria, solicitaban conferencias ante sus alumnos, o periodistas desorientados buscaban información ante un descubrimiento recientemente publicado o mientras realizaban la cobertura informativa de algún congreso o taller. Esta etapa inicial sirvió para enfrentarse a diferentes públicos, modular los mensajes, y adaptar los métodos de comunicación a emplear. A su vez esta interacción permitió tomar el pulso a la sociedad, conociendo lo que para muchos de sus miembros la ciencia significaba, o cómo veían a los científicos. En el caso particular del autor, el acercamiento de profesores, periodistas y público en general también estuvo favorecido por trabajar en el ámbito de la nanociencia y de la nanotecnología, un tema que comenzaba a emerger con fuerza en los años 1990 y que continúa siendo un desconocido por una gran parte de la población y de la comunidad educativa [12].

De impartir conferencias en diversos foros (centros educativos, centros culturales, universidades populares, etc.) se dio el salto a realizar actividades de formación del profesorado mediante la participación en cursos de actualización dirigidos a docentes.

En este contexto surgió la posibilidad de colaborar con la FECYT [7] para escribir la Unidad Didáctica de Nanociencia y de Nanotecnología [13] (Figura 1) bajo la coordinación de J.A. Martín-Gago, Profesor

de Investigación del CSIC. Dicho documento sigue siendo referente para el profesorado de secundaria interesado en la incorporación de contenidos relacionados con la nanotecnología a la programación didáctica. Esta unidad fue el germen de una serie de libros [14-16] que venían a completar el hueco existente en España en cuanto a la literatura de divulgación científica en el ámbito de la nanotecnología. Se debe destacar que dos de estos libros [14, 16] pertenecen a la colección del "Qué sabemos de", iniciativa del CSIC [9] para hacer llegar a la sociedad, de una forma amena, la ciencia de calidad que se hace en nuestro país. La unidad didáctica [13] también sirvió para inspirar la posterior elaboración de una la "Guía Didáctica para la Educación de la Nanotecnología en Educación Secundaria" [17] dentro de la Red Iberoamericana de Divulgación y Formación en Nanotecnología (NANODYF) [18] financiada inicialmente por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

Figura 1. Portada de la "Unidad Didáctica de Nanociencia y Nanotecnología" [13]

Figure 1. Cover of the book "Unidad Didáctica de Nanociencia y Nanotecnología" [13]

Por supuesto, la publicación de estos libros y materiales provocó una mayor demanda de conferencias y actividades en foros diversos, lo que muestra como las actividades de divulgación se retroalimentan entre sí, abriendo continuamente nuevas oportunidades. Una de estas oportunidades fue la colaboración con el Programa Investiga I+D+I de la Fundación San Patricio [19], actividad dirigida al fomento de las vocaciones de estudiantes de 4º curso de la Educación Secundaria Obligatoria, en la que participan anualmente más de un millar de alumnos de más de medio centenar de centros educativos.

En paralelo a las actividades de divulgación dirigidas esencialmente al sistema educativo preuniversitario, en 2007 y en 2008 en colaboración entre investigadores e investigadoras del CSIC y de la Universidad Autónoma de Madrid, se organizaron dos ediciones de un certamen internacional de imágenes obtenidas mediante microscopía de sonda local (SPM), denominado SPMAGE. Este certamen contó con una gran acogida internacional (con más de 400 participantes de todo el mundo en las dos ediciones) y propició la creación de un banco de banco de imágenes que pueden descargarse y ser usadas libremente [20]. Una parte de este banco de imágenes, mediante una ayuda de la FECYT [7], se convirtió en una exposición denominada "Un vistazo al nanomudo", que recorrió una veintena de localidades españolas, y de la que surgió otra exposición más elaborada denominada "Un paseo por el nanomundo" [21] que se ha mostrado en medio centenar de localidades españolas, y que tiene copias circulando en México, Colombia y Venezuela. En la actualidad dicha exposición sigue itinerando y la gestión de su préstamo se lleva a cabo por el CSIC [22].

La exhibición de estas imágenes en algunos foros, fueron la semilla para otros proyectos de gran envergadura. Por ejemplo, la exhibición en la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), dio lugar al planteamiento de una entrevista por parte del canal de televisión de la UNED (CANALUNED), que acabó dando forma a toda una serie con 17 episodios que cubren los aspectos básicos de la nanociencia y las aplicaciones que se esperan de la nanotecnología [23,24]. Esta serie ha recibido más de 60.000 visitas a través de la plataforma de la UNED o de YOUTUBE. Por otro lado, la exhibición de las imágenes en el MUNCYT [8] fue la semilla para la realización de un taller de nanotecnología denominado "Explorando el Nanomundo" [25] dirigido a niños y niñas de entre 8 y 12 años, que pasó a integrarse en la oferta del CSIC de talleres educativos al Programa de Enriquecimiento de Alumnos de Altas Capacidades (PEAC) de la Comunidad de Madrid desde 2012 (Figura 2). Posteriormente el MUNCYT ha incorporado dicho taller a su oferta de actividades dirigidas a centros educativos, desarrollándose el Cuaderno "Experimenta" de Nanotecnología [26], material didáctico que contiene pasatiempos que permiten profundizar en el conocimiento de la nanotecnología. También se puede decir que la exposición "Un paseo por el nanomundo" sirvió de punto de partida en otros proyectos más atípicos y singulares, como la colaboración con el grupo musical Aviador Dro en su proyecto "La voz de la ciencia" que dio lugar a un video-libro que permite reflexionar sobre cómo será nuestro futuro. Como se menciona en el título de esta sección, los caminos de la divulgación son, muchas veces, inescrutables.

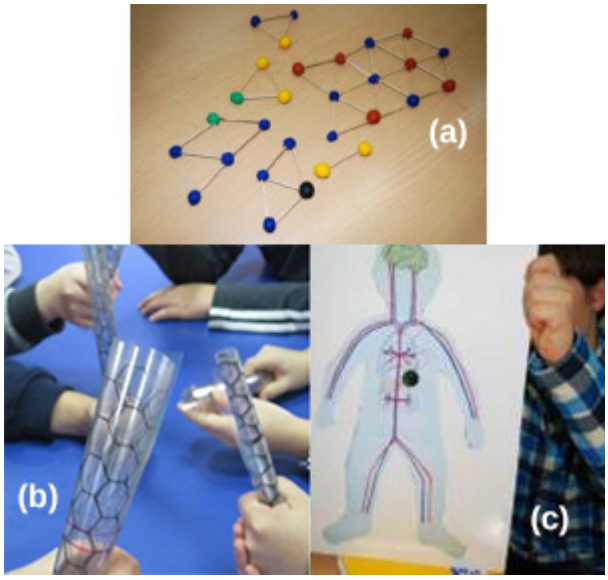


Figura 2. Taller "Explorando el Nanomundo" [25]. (a) Modelos moleculares a partir de plastilina. (b) Comprendiendo la estructura de los nanotubos de carbono a partir de acetatos. (c) Comprendiendo la liberación controlada de fármacos mediante nanopartículas magnéticas.

Figure 2. Workshop "Explorando el Nanomundo" [25]. (a) Molecular models made of modelling clay. (b) Understanding carbon nanotubes structures using overhead films. (c) Understanding controlled drug delivery based on magnetic nanoparticles.

3. De lo individual a lo institucional

Las unidades y guías didácticas, las exposiciones, los bancos de imágenes, los talleres, la serie de televisión, los artículos en medios de comunicación, los certámenes, etc. que se han mencionado anteriormente ofrecen un conjunto completo de documentación y materiales que permiten llevar la nanotecnología al aula mediante una adecuada estrategia. En particular, este arsenal de documentación permite organizar seminarios y cursos completos dirigidos al profesorado de educación secundaria y de bachillerato, con el fin de proporcionarle contenidos de nanotecnología que pueden insertarse en las clases a modo de "píldoras didácticas" [28]. La formación del profesorado en temas emergentes de la ciencia es un asunto de crucial importancia, y esta es la razón por la que se han puesto en marcha cursos más avanzados como el titulado "Materiales avanzados y nanotecnología: la nueva revolución industrial" que organiza el CSIC para la Consejería de Educación e Investigación de la Comunidad de Madrid. Sin embargo se debe destacar que, en cuanto a la formación del profesorado en el ámbito de la nanotecnología, Cataluña es la Comunidad Autónoma con un mejor planteamiento, gracias al Proyecto NanoEduca [29], que cuenta con la colaboración de varias instituciones. Estos son dos ejemplos de iniciativas que requieren el impulso por parte de un conjunto de entidades que canalizan el esfuerzo de iniciativas individuales que, de no tener un paraguas institucional, seguramente tendrían menor impacto o fracasarían.

Cuando en la vida de un investigador surge la oportunidad de embarcarse en la gestión de organismos e instituciones, esta oportunidad lleva aparejada la frustración de confirmar que el sistema de gestión en el que se mueve la ciencia española es muy burocratizado, excesivamente controlador, lento e ineficiente comparado con el de otros países con los que competimos en el ámbito científico-tecnológico. Sin embargo, los puestos de gestión ofrecen también la posibilidad de mantener, mejorar o poner en marcha iniciativas de corte institucional que permitan optimizar esfuerzos y dar una mayor proyección de la institución a la que se sirve sobre la sociedad. Este ha sido el caso del autor del presente artículo al frente de la Delegación Institucional del CSIC en Madrid desde 2014, manteniendo actividades exitosas como la participación del CSIC en los Programas 4º de ESO+Empresa o las estancias formativas de estudiantes de la Formación Profesional (tanto Ordinaria como Dual) en centros del CSIC. Además se han puesto en marcha iniciativas como la elaboración de catálogos de talleres, de conferencias y de cursos dirigidos a los diferentes estamentos del sistema educativo de la Comunidad de Madrid, la organización de varios ciclos de conferencias, y la coordinación de las actividades del Festival de la Nanociencia y la Nanotecnología, que implica a ocho institutos de investigación del CSIC y en las que han participado más de 6000 estudiantes [30]. Por lo tanto, queda claro que desde los puestos de gestión se puede realizar una clara apuesta por la promoción de la cultura científica.

4. Mirando hacia el futuro

Este artículo muestra como a lo largo de la carrera científica se pueden realizar variadas y numerosas conexiones con la sociedad, tanto de forma individualizada como en el marco institucional. El objetivo final debe ser claro, hacer que caminen de la mano la sociedad y las entidades donde se genera el conocimiento, interaccionando entre sí. Esta interacción es necesaria si se desean abordar problemas de gran calado.

Por ejemplo, parece que debemos afrontar el reto de cambiar el modelo económico si se desea tener un desarrollo social y económico que permita mantenernos estar entre las economías más importantes del planeta. Es evidente que ese modelo debe estar basado en parámetros como la investigación científica, el desarrollo sostenible, la innovación, etc. Alcanzar esto requiere desarrollar un marco donde la creatividad científica sea un ingrediente clave, lo que requiere tener personas altamente capacitadas (en todos los niveles) que faciliten la generación, intercambio y aplicación del conocimiento, produciendo a la larga un sistema empresarial más competitivo y potente. Para alcanzar esto, una de las reformas pendientes es la del sistema educativo. Pero no se trata de una reforma que vaya en la dirección de alterar unas cuantas cosas para dejar todo más o menos como está. Se requiere ir más allá y renovar el sistema educativo para basarlo en la indagación, en el descubrimiento, para lograr ciudadanos que piensen de forma diferente a la hora

de enfrentarse a problemas y realicen una conexión emocional positiva con la ciencia. En este contexto, las infraestructuras de los centros educativos son clave para el desarrollar actividades experimentales, pero son aún más importantes los profesores y las profesoras que pasarán de ser transmisores de contenidos (accesibles ahora ubicuamente mediante internet) a ser guías, acompañantes del proceso de formación, orientadores capaces de manejar temas científicos del momento para motivar al estudiante. Las universidades y centros de investigación tienen mucho que decir en este proceso, deben desarrollar, entre otras, iniciativas dirigidas al aumento de la cultura científica de la sociedad o de lograr su participación en los procesos de decisión de políticas científicas, programas de formación del profesorado en colaboración con los Gobiernos de las Comunidades Autónomas, programas de tutoría para los alumnos y alumnas de educación secundaria, sistemas de estancias de alumnos en sus laboratorios, etc. Queda mucho por hacer, pero parece que estamos abocados, tarde o temprano, a un cambio sustancial tanto del modelo educativo como de la política de inversiones que lo sustentan, y para llevar a cabo este cambio contarán con miembros de la comunidad educativa y de la comunidad investigadora que tienen gran experiencia en estos temas y conservan, a pesar de todo, una gran parte de su impulso y su compromiso con la sociedad.

5. Y para terminar, una reflexión personal

Hasta este momento, se han descrito varias actividades desarrolladas por el autor durante su vida profesional, dirigidas a la divulgación o a la formación pre-universitaria, en unos casos con un carácter individual, basadas en una red de contactos o de amistades, en otros casos de carácter más institucional, que requieren la contribución de más colegas, pero que tienen un mayor impacto. Estas actividades se han ido concatenando, entrelazando y por lo general cada una de ellas siempre ha servido para generar otras oportunidades que el autor ha ido aprovechando. En cualquier caso, las actividades de este tipo siempre generan una gran satisfacción, al tener un impacto muy directo sobre los grupos de personas a los que se dirigen, y a largo plazo sobre el conjunto de la sociedad.

Por lo general los resultados de nuestras investigaciones tienen una repercusión indirecta y a medio-largo plazo sobre la sociedad, a través de los trabajos de otros investigadores o investigadoras que acaban desarrollando aplicaciones que en muchas ocasiones la sociedad no percibe como fruto de un gran esfuerzo colectivo tanto personal como económico. Las actividades de divulgación y formación permiten una transmisión más directa de conocimientos, lo que es el primer objetivo, pero quizás es de igual o mayor importancia transmitir cómo funciona la ciencia, cómo se usan los recursos que los ciudadanos ponen a nuestra disposición, lo importante que es la ciencia para cambiar el mundo y la sociedad resolviendo problemas que van surgiendo en la andadura de nuestra especie por nuestro planeta, la importancia de las políticas científicas y educativas para el futuro de un país, etc. Estos aspectos, que en ocasiones no parecen primordiales en las actividades divulgativas, son clave para que nuestra sociedad posea una verdadera cultura científica. La sociedad debe ser partícipe del diseño de la ciencia y cómplice de la comunidad científica.

Cuando, tras una actividad determinada, un grupo de personas sigue preguntando sobre un tema, sobre dónde se puede ampliar el conocimiento del tema expuesto, o sobre qué carrera debe estudiarse para ser investigador o investigadora, o cuando se obtienen cientos o miles de “me gusta” en una actividad realizada sobre una plataforma en internet, se sabe que se ha establecido esa complicidad entre todos. Esta sensación, como muchos sabemos es impagable, y da un sentido de utilidad inmediata al esfuerzo realizado. En realidad, el investigador o la investigadora que se dedica a estas actividades se suele mover por este tipo de recompensas emocionales, intangibles, ya que en muy raras ocasiones tras el esfuerzo hay una compensación económica o un reconocimiento dentro del mundo académico, pero los que nos dedicamos a la ciencia sabemos que podemos perseguir durante meses o años la resolución de un problema y la recompensa mayor siempre es saber que hemos encontrado una solución, y la segunda que el resto de la comunidad reconoce dicho mérito. Vivimos de esa gloria en un 90%, como los deportistas de élite o los artistas.

Sin embargo es cierto que, viviendo en el sistema que tenemos, esta recompensa casi espiritual no lo es todo, y es evidente que este tipo de actuaciones debería tener un mayor reconocimiento. No todas las instituciones dan importancia a este esfuerzo, y solo en algunos casos las actividades suponen un pequeño porcentaje en la valoración de las actividades de los investigadores a la hora de promocionar a lo largo de la carrera científica o en el momento de determinar los complementos salariales y productividades que dichas instituciones otorgan como incentivo. A pesar de esto, como señalan muchos informes [5], los investigadores y las investigadoras cada vez hacen más y más variadas actividades de divulgación, comunicación, formación en contextos no formales. Esto es así porque en realidad divulgar no requiere seguramente unas dotes innatas, sino tener interés por potenciar un poco más algunos aspectos de nuestra propia vocación científica, dedicando un tiempo a mirar a nuestro entorno, a conocer cómo son las personas que nos rodean y que contribuyen con sus recursos a nuestra actividad, a diseñar una estrategia para acercarse a ellas usando los muchos o pocos medios a nuestro alcance, y lanzarse a la aventura de la divulgación, una y otra vez, mejorando aquellos aspectos que no han funcionado tan bien. Lo seguro es que una vez que se dan los primeros pasos en este territorio, ya nunca se dejará de caminar por él.

6. Agradecimientos

El autor agradece a Araceli Sánchez Ruiz y a Mercedes González Cid, personal de la Delegación Institucional del CSIC en la Comunidad de Madrid, su contribución en algunas de las actividades descritas en este artículo. El autor, con este artículo, realiza un homenaje a Joaquín Tutor, buen amigo, excelente investigador, y fundador y coordinador de la Red NANODYF, recientemente fallecido.

7. Bibliografía

[1] Convent B. Europe and the crisis in scientific vocations. Eur J Educ 2005; 40(4): 361-366.

[2] van Tuijl, C, van der Molen JHW. Study choice and career development in STEM fields: an overview and integration of the research. Int J Technol Des Educ 2016; 26: 159-183.

[3] Engelbrecht HJ. International R&D spillovers, human capital and productivity in OECD economies: An empirical investigation. Eur Econ Rev 1997; 41(8): 1479-1488.

[4] Serena PA. Y yo quiero ser...Nanocientífico. En: Garrido Quintín Ed. Ciencia, y yo quiero ser científico. 2018 p. 395-398.: cienciayyoquierosercientifico.blogspot.com.es/

[5] Ramos-Vielba, I, Castro-Martínez E, D'Este, P. Interacciones con actores no académicos. Encuesta a investigadores/as del sistema público español. INGENIO (CSIC-UPV). 2018. www.ingenio.upv.es/es/teams/proyecto-extra/resultados (Accedido May 14, 2018).

[6] Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Boletín Oficial del Estado 131, de 02/06/2011. www.boe.es/boe/dias/2011/06/02/pdfs/BOE-A-2011-9617.pdf (Accedido May 14, 2018).

[7] Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). www.fecyt.es/ (Accedido May 14, 2018).

[8] Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de España (MUNCYT). www.muncyt.es/ (Accedido May 14, 2018).

[9] Vicepresidencia Adjunta de Cultura Científica (VAPC) del CSIC. www.csic.es/cys (Accedido May 14, 2018).

[10] Editorial. No turning back. Nature 2009; 462(7270): 137–138. www.nature.com/articles/462137b

[11] Catanzaro M. Spain's biggest-ever science petition decries 'abandonment' of research. Nature 2018; 556(7701), 285-286. www.nature.com/articles/d41586-018-04523-4 (Accedido May 14, 2018).

[12] Serena PA. La 'incomprensión' pública de la Nanotecnología. Sección "Nanotecnología". El Mundo (Versión digital) 2014. Publicado el 03/02/2014. www.elmundo.es/ciencia/2014/02/03/52ebaf2d268e3e4f588b456a.html (Accedido May 14, 2018).

[13] Martín-Gago JA, Casero E, Briones C, Serena PA. Unidad Didáctica Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro. Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECyT), 2008. www.fecyt.es/es/system/files/publications/attachments/2014/11/unidaddidacticananocienciaynanotecnologia.pdf (Accedido May 14, 2018).

[14] Serena PA. La Nanotecnología. Colección "Qué sabemos de". La Catarata y CSIC, 2010.

[15] Martín-Gago JA, Serena PA, Briones C, Casero E. El nanomundo en tus manos: Las claves de la Nanociencia y la Nanotecnología. Colección Drakontos. Crítica, 2014.

[16] Bermejo M, Serena PA. Los riesgos de la Nanotecnología. Colección "Qué sabemos de". La Catarata y CSIC, 2017.

[17] Serena PA, Giraldo JK, Takeuchi N, Tutor JD Eds. Guía Didáctica para la Educación de la Nanotecnología en Educación Secundaria. CYTED y Red NANODYF, 2014. www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/LIBRO_GUIA_DIDACTICA.pdf (Accedido May 14, 2018) y www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/ANEXOS_libroguiadidactica.rar (Accedido May 14, 2018).

[18] Red "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología (NANODYF). www.nanodyf.com/que-es-nanodyf (Accedido May 14, 2018).

[19] Programa Investiga I+D+I. Fundación San Patricio. www.programainvestiga.org/ (Accedido May 14, 2018).

[20] International Scanning Probe Microscopy Image Contest (SPMAGE). CSIC y UAM. www.icmm.csic.es/spmage/galleries.php (Accedido May 14, 2018).

[21] Serena PA. Acercando la nanotecnología a la sociedad: la exposición 'Un paseo por el nanomundo'. Revista UNAM.DIGITAL 2013. 14(4): 1-16. www.revista.unam.mx/vol.14/num4/art29/#up (Accedido May 14, 2018).

[22] Exposición "Un paseo por el Nanomundo". www.csic.es/un-paseo-por-el-nanomundo (Accedido May 14, 2018).

[23] del Águila B, Serena PA. Una experiencia de nanodivulgación: la serie de televisión '¿Qué sabemos de la nanotecnología'. Revista MOMENTO, Revista de Física de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, 2015. 49E: 49-58. revistas.unal.edu.co/index.php/momento/article/view/50045/50703 (Acced. May 14, 2018).

[24] Canal UNED. Serie "¿Qué sabemos de la nanotecnología?". canal.uned.es/series/5a6f8215b1111f57408b4569 (Acced. May 14, 2018).

[25] Serena PA. Una Experiencia en Nanoeducación: el Taller 'Explorando el Nanomundo. Revista MOMENTO, Revista de Física, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, 2013. 46E: 63-73. revistas.unal.edu.co/index.php/momento/article/view/41986/43716 (Acced. May 14, 2018).

[26] Serena PA. Cuaderno Experimenta "Nanotecnología". Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT), 2018. www.muncyt.es/stfls/MUNCYT/Publicaciones/cuaderno_experimenta_nanotecnologia.pdf

27] Serena PA. Convergencia para la divergencia: la senda nanotecnológica hacia la singularidad. En: Aviador Dro. La voz de la Ciencia. Fundación PIAS Spain 2012.

[28] Serena PA. La Nanociencia y la Nanotecnología: en la frontera de lo pequeño. Revista Española de Física 2013; 27(1): 29-33.

[29] Proyecto NanoEduca. nanoeduca.cat/es/inicio/ (Accedido May 14, 2018).

[30] Serena PA. El CSIC y su papel en la transferencia del conocimiento desde los laboratorios a las aulas". Revista Ciencia y Educación 2018; 6:1-10. sites.google.com/site/cienciayeducacionweb/home/ciencia-y-educacion/numero-6/el-csic-y-su-papel-en-la-transferencia-del-conocimiento-desde-los-laboratorios-a-las-aulas (Accedido May 14, 2018).

[31] Festival de la Nanociencia y la Nanotecnología. 10alamenos9.es/es/congreso-de-nanotecnologia/

"Esto me huele a ciencia"
Descubrir el método científico a través de los aromas

Almudena Dronda[1], Antonio José López-Peinado[2], Rosa María Martín-Aranda[2*], Olatz Merino[1] y María Luisa Rojas-Cervantes[2].

[1]Asociación Colarte, Madrid (Spain).
[2] Departamento de Química Inorgánica y Química Técnica. Facultad de Ciencias. UNED, Madrid (Spain).
** corresponding autor: rmartin@ccia.uned.es*

Abstract

In the Project "Esto me huele a ciencia", a multidisciplinary team of scientists worked in the Science Communication at schools for children between 3 and 17 years old. Aromes and perfums are used as key concept to interpretate and discover the Scientific methodology. Objectives, experiences, and results are described, presenting data of school awarded and exhibition of the works. More than 2000 students particpated in the Project.

Resumen

En el proyecto "Esto me huele a ciencia", un grupo multidisciplinar de científicos han trabajado para divulgar la ciencia en colegios para niños entre 3 y 17 años. Los aromas y perfumes se han empleado como hilo conductor para explicar el método científico. Objetivo, experiencias y resultados se describen, presentando datos sobre los colegios premiados y la exposición de los trabajos presentados. Un total de más de 2000 estudiantes han participado en el proyecto.

1. Introducción

A lo largo de la historia, muchas de las personas que se han dedicado a divulgar la ciencia han sido científicos. Uno de los pioneros fue Galileo Galiei, que en 1632 publicó el libro "*Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo"*, como un ensayo para debatir sobre el movimiento del universo en torno al sol. Este libro generó una fuerte polémica al cuestionar el paradigma existente sobre el movimiento de la Tierra alrededor del Sol.

Otros científicos como Carl Sagan con su famosa serie de televisión *Cosmos: un viaje personal*, y otros, como Isaac Asimov, Timothy Ferris, Arthur. C. Clark o Stephen Baxter, dentro del género de la ciencia ficción, han planteado temas científicos con la suficiente profundidad y rigor como para ser consideradas obras de divulgación científica.

Si bien la gran mayoría de los centros de investigación y universidades poseen un departamento de divulgación científica para aportar conocimiento a la sociedad, hasta hace muy pocos años, no se ha generado entre los científicos la necesidad o, más bien, el deber de divulgar la ciencia para dar a conocer la estrecha relación que existe entre el trabajo de un científico y el avance en el bienestar social, pues por muy claro que veamos la relación entre ciencia y progreso social, los ciudadanos (niños y adultos), necesitan saber con más profundidad, la importancia de la ciencia y de la tecnología para el progreso humano.

Por ello, la "divulgación científica" o "comunicación de la ciencia" requiere una buena formación científica y habilidades de comunicación social.Los integrantes del proyecto "Esto me huele a ciencia", que presentamos, tienen una formación multidisciplinar: química, física, biología, pedagogía, informática, arquitectura, ingeniería. A todos nos une el interés por acercar nuestro trabajo a los más pequeños.

Tras más de 20 años participando en diferentes actividades divulgativas; Semana de la Ciencia, jornadas de puertas abiertas, visitas a colegios e institutos, descubrimos la importancia de acercarnos a los colegios para, de manera muy sencilla, "enseñar a los más pequeños a hacer ciencia". Así, un buen número de profesores de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), de la Universidad Politécnica de Madrid, y la asociación ColArte en Madrid (www.colarte.org), nos unimos para llevar a cabo esta idea.

La idea inicial fue la de emplear el olor y los aromas como hilo conductor para hacer entender el "método científico", y diseñar experimentos adecuados a cada edad (entre 3 y 17 años), para descubrirlo mediante breves explicaciones, ejemplos prácticos y trabajos en grupo que los propios niños realizarían. Al final del proyecto, se ha realizado un concurso y entrega de premios para todas las categorías y edades.

El proyecto "Esto me huele a Ciencia" es continuación de las actividades divulgadoras que la UNED, la Escuela de Ingenieros de Montes de la UPM y la Asociación *ColArte en Madrid* vienen desarrollando en los Centros Escolares. La colaboración con la Asociación ColArte en Madrid ha permitido dar a conocer las actividades de divulgación científica en un entorno más amplio. Gracias a la financiación de la Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) se ha podido realizar una actividad de gran calidad y también ha sido muy importante por el prestigio que se asocia a las actividades financiadas por la FECYT que muchos Centros Escolares conocen y aprecian.

El proyecto se desarrolló durante el curso 2017-2018 por diversos departamentos de investigadores de la UNED con el objetivo de divulgar la con el apoyo económico de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología-FECYT-Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

Dada la buena acogida de la primera edición (un total de 2014 alumnos participantes de 11 Centros Escolares de la Comunidad de Madrid), el objetivo de todo el equipo es dar continuidad a las actividades en ediciones sucesivas.

El grupo promotor (UNED) tiene entre sus principales objetivos la divulgación científica, estimulando la participación de la comunidad docente en la investigación y la posterior difusión de los resultados. Para ello, a lo largo de sus 40 años de existencia, ha participado de manera activa en diversos programas de divulgación de la Ciencia y la Tecnología. (Sonrisa de Minerva, Semana de la Ciencia y múltiples programas educativos).

La colaboración de UNIDIS-Centro de atención a universitarios con discapacidad de la UNED, (www.uned.es/unidis) facilitó la participación en igualdad de oportunidades del alumnado con algún tipo de discapacidad. La colaboración de CEMAV (Centro de Medios Audiovisuales de la UNED) ha permitido la difusión del proyecto en distintos medios de comunicación.La Asociación ColArte en Madrid que se integra en el Equipo, tiene entre sus fines estatutarios la divulgación de la ciencia en los entornos escolares.

2. Objetivos

En el proyecto "Esto me huele a Ciencia" se han realizado una serie de actividades y prácticas experimentales enfocadas al público escolar no universitario, con el objetivo de incrementar la cultura científica de los más pequeños mediante la participación en las actividades de divulgación científica. Se han diseñado las actividades para lograr los siguientes objetivos:

Objetivos generales:

- **Acercar la Ciencia y la Innovación desde lo cercano y cotidiano**. Se ha elegido como tema central "los aromas" por su cercanía y cotidianeidad para el público al que se dirige la acción. Los escolares han participado en esta actividad científica incorporándola a sus actividades escolares cotidianas. Los alumnos desde los 3 hasta los 17 años conocían el tema y se han implicado desde el primer momento en las actividades participando activamente en ellas. Con esto se ha alcanzado plenamente el objetivo.
- **Fomentar la experimentación entre los más jóvenes**. En todo momento, la experimentación ha formado parte de la actividad. Todos los alumnos han realizado, con ayuda de los científicos del equipo de "Esto me huele a Ciencia", un ejemplo de experimentación científica. La mayoría de los Centros Escolares ha continuado el aprendizaje realizando su propia investigación científica con el material aportado en la Aromateca (caja surtida de aromas y material de laboratorio que hemos entregado en todos los colegios). Muchos de ellos han presentado esta investigación al concurso y hemos podido comprobar que han aprendido perfectamente el mecanismo de realización de una investigación científica y los pasos necesarios, con lo que el objetivo planteado se ha alcanzado.
- Gracias a las explicaciones y a la posterior puesta en práctica de los conceptos y los fenómenos científicos relacionados con la temática propuesta, **se busca su asimilación real por el público escolar**. Tanto en la experimentación llevada a cabo en cada taller como en los trabajos realizados posteriormente por los propios escolares hemos podido comprobar que los alumnos han asimilado al 100% los conocimientos, cumpliendo así este objetivo.
- Las actividades propuestas, al ser lúdicas y participativas, **estimulan la curiosidad y el interés científico de los escolares, así como la creatividad y la innovación**. Objetivo cumplido. Los resultados han sido muy buenos, todos los Centros Escolares participantes han manifestado su satisfacción con el estímulo científico que hemos despertado en los alumnos. Los trabajos presentados al concurso han sido muy creativos e innovadores, teniendo en cuenta la edad de los participantes y sus conocimiento previos.
- Al estar basadas las actividades en un proceso de investigación real, **los escolares han tenido la oportunidad de participar en un proceso científico concreto, actuando en la toma de datos y de decisiones científicas.** Los talleres han puesto en práctica investigaciones reales (a escala escolar) siguiendo el proceso completo de la investigación científica paso a paso. Los resultados de las investigaciones se han realizado con datos reales de la población escolar actual y se han registrado en hojas de datos que se podrían ser utilizadas para posteriores investigaciones.
- El equipo investigador, con amplia experiencia en divulgación científica, **participa activamente en todas las actividades difundiendo de esta manera tanto los métodos científicos empleados como los resultados de sus investigaciones**. El equipo investigador ha participado en los talleres constituyéndose como ejemplo para los escolares y difundiendo tanto los métodos de investigación que utilizan en su día a día como algunos de los resultados que obtienen en sus campos de investigación. Los escolares han planteado muchísimas cuestiones a lo largo de las actividades, los científicos han respondido a todas ellas poniendo como ejemplo su propia experiencia y las investigaciones que han llevado a cabo en su vida profesional.

Objetivos Específicos:

- Las actividades se plantean de forma lúdica y creativa con el fin de **despertar la curiosidad y el interés entre los escolares y jóvenes sembrando la semilla de futuras vocaciones científicas.**
- Las actividades **se han adaptado para facilitar la participación de estudiantes con algún tipo de discapacidad**. Este trabajo se ha realizado de forma coordinada con los docentes de los Centros Escolares que cuentan con alumnos

con discapacidad o con necesidades especiales. Las adaptaciones han sido de diferentes tipos: adaptación de contenidos, modificación o simplificación de formatos para discapacidades cognitivas, retrasos madurativos y alumnos con espectro autista, adaptaciones en la organización de las actividades para alumnos con discapacidad auditiva y alumnos de espectro autista. Se han realizado reuniones con los Docentes responsables de los Centros Escolares para adecuar las actividades a este tipo de alumnado.

- Las actividades propuestas han hecho hincapié en **el valor de la ciencia y la tecnología por su utilidad social y económica,** así como su atractivo como profesión para los estudiantes de Secundaria y Bachillerato, constituyéndose los científicos en un ejemplo a seguir.
- **El enfoque práctico de las actividades** permite que los alumnos asimilen el riesgo y error como parte del proceso del aprendizaje. Este objetivo se ha alcanzado plenamente. En los talleres se planteaban hipótesis que en algunos casos no se verificaban al realizar la experimentación, los alumnos han comprendido de forma experimental que esto no era un fracaso sino un resultado del que sacar conclusiones. Han perdido de esta forma el miedo a plantear hipótesis arriesgadas y a no fiarse de sus prejuicios o ideas preconcebidas, han aprendido a justificar y argumentar de forma científica.

3. Descripción de las actividades realizadas

Se han realizado las siguientes actividades:

1. Talleres realizados en los Centros Escolares.
2. Concurso de Proyectos de trabajos de Investigación Científica presentados por los Centros Escolares.
3. Exposición de los trabajos seleccionados.
4. Entrega de premios a los mejores trabajos.

En un total de 100 talleres con un total de 2014 alumnos y 150 docentes participantes.

3.1. Talleres realizados en los Centros Escolares

3.1.1. Educación Infantil, 1º y 2º de Educación Primaria

Tema: *La Investigación Científica. El sentido del olfato y su relación con el resto de sentidos. Los aromas.*

Actividades:

1. El científico de "Esto me huele a Ciencia" orientó un taller de iniciación al **método científico**. Con el tema central del sentido del olfato; se realizaron actividades y juegos de discriminación de olores, utilización de material aromático y experimentación. Este taller se divide en tres partes: presentación teórica, taller de investigación científica sobre cómo se perciben mejor los aromas: con los ojos tapados, con la boca tapada o con ojos y boca destapados. Se cumplimentaron las fichas de toma de datos y se les enseñó los resultados utilizando gráficos con los datos previamente ordenados en una hoja Excel. Para finalizar los alumnos realizaron un "libro de aromas" con el material aportado.
2. Posteriormente, los alumnos realizaron un **proyecto de investigación** científica relacionado con los aromas, guiado por el docente del Centro Escolar con ayuda del material didáctico y la "Aromateca". Cada Centro Escolar eligió un trabajo por cada nivel educativo (Infantil /1º y 2º de Educación Primaria) para enviar a la exposición y concurso.

En la categoría de **Infantil,** obtuvieron el primer premio los alumnos de 3º de infantil del Colegio Nazaret Oporto de Madrid con su trabajo "Huele que alimenta". Investigación científica sobre si las cosas que huelen bien son comestibles o no.

El primer premio consistió en:

- Realización del taller "Todos al laboratorio" en el MUNCYT. Alcobendas, el premio incluía el traslado en autocar. La actividad la organizó la Asociación ColArte en Madrid.
- Material didáctico científico: Libros y juegos para el Centro Escolar.

Se otorgó un accésit a los alumnos de infantil del CEIP San Cristóbal de Madrid por su trabajo "¿De qué color pintarías este olor?" Investigación sobre si se asocian los olores a los colores y si se asocia un olor agradable o desagradable (vinagre, naranja, vainilla, menta y café) a un color determinado.

El premio del accésit consistió en:

- Material didáctico científico: Libros y juegos para el Centro Escolar.

En la categoría de **1º y 2º de Primaria,** obtuvieron el primer premio los alumnos de 1º de primaria B del CEIP San Cristóbal de Madrid con su trabajo "¿Sabe igual?". Investigación científica para saber si el sentido del olfato influye a la hora de identificar el sabor de los alimentos.

El primer premio consistió en:

- Realización del taller "Todos al laboratorio" en el MUNCYT. Alcobendas, el premio incluía el traslado en autocar. La actividad la organizó la Asociación ColArte en Madrid.
- Material didáctico científico: Libros y juegos para el Centro Escolar.

Se otorgó un accésit a los alumnos de 1º de primaria del CEIP Julián Marías de Madrid por su trabajo "Si es bonito huele bien o mal, si es feo puede oler bien o mal" Investigación sobre la relación entre el aspecto de las cosas y su aroma.

El premio del accésit consistió en:

- Material didáctico científico: Libros y juegos para el Centro Escolar.

3.1.2. 3º a 6 º de Educación Primaria

Tema: *La Investigación Científica. El sentido del olfato y la química de los aromas.*

Actividades:

1. El científico de "Esto me huele a Ciencia" orientó un taller de iniciación al método científico. El tema central era el sentido del olfato e introducción a la química de los aromas; se realizaron actividades y juegos de discriminación de olores, utilización de material aromático y experimentación. Este taller se realiza en tres partes: presentación teórica, taller de investigación científica sobre si el género de los alumnos (niño/niña) o la estación del año en que han nacido, influyen en sus olores favoritos. Se cumplimentaron las fichas de toma de datos y se les enseñó los resultados utilizando gráficos con los datos previamente ordenados en una hoja Excel. Para finalizar los alumnos realizaron una colonia con el material aportado.
2. Posteriormente los alumnos realizaron un **proyecto de investigación científica** guiado por el docente del Centro Escolar con ayuda del material didáctico y la "Aromateca" aportados. El proyecto tenía que estar relacionado con el sentido del olfato y los aromas.
3. Cada Centro Escolar eligió un trabajo por cada nivel educativo 3º a 6º de primaria) para enviar a la exposición y concurso.

En la categoría de **3º a 6º de Educación Primaria,** obtuvieron el primer premio los alumnos de 5º de Primaria del Colegio Nuevo Equipo de Madrid con su trabajo "Qué la hipótesis te acompañe". Investigación científica sobre si un perro es capaz de oler la comida a pesar de estar envuelta en distintos materiales,

El primer premio consistió en:

- Realización del taller "Qué química" en el MUNCYT. Alcobendas, el premio incluía el traslado en autocar. La actividad la organizó la Asociación ColArte en Madrid.
- Material didáctico científico: Libros y juegos para el Centro Escolar.

Se otorgaron dos accésits, uno de ellos a los alumnos de 6º de Primaria del Colegio Nazaret Oporto de Madrid por su trabajo "Al envasar el olor va a durar" Investigación sobre si al el olor es más intenso al envasar los alimentos al vacío o no. El otro accésit se entregó a los alumnos de 3º de Primaria del CEIP San Cristóbal de Madrid por su trabajo "Smell, smell, the red can tell", trabajo de investigación sobre si todos los alimentos rojos huelen bien, utilizando para los experimentos pimentón, pimienta, fresas, mojama y tomate.

Los premios de los accésits consistieron en :

- Material didáctico científico: Libros y juegos para el Centro Escolar.

Figura 1. Taller de experimentos en clase.

Figure 1. Workshop at the class.

3.1.3. Educación Secundaria y Bachillerato

Tema: *La Investigación Científica. Los aromas en relación a la Botánica y la Química*

Actividades:

1. El científico de "Esto me huele a Ciencia" guía un taller de iniciación al **método científico**. El tema central es la química de los aromas, morfología de las plantas, la ubicación de las esencias aromáticas en las distintas especies vegetales y los avances en la Ciencia. Este taller se diseñó por un lado para estudiantes de 1º a 3º de ESO y otro para los alumnos de 4º de ESO y Bachillerato. Los talleres se realizan en tres partes: presentación teórica, taller de investigación científica para primeros cursos de Secundaria en que se investiga qué envases y aromas gustan más a los alumnos siendo chicos o chicas. Se cumplimentaron las fichas de toma de datos y se les enseñó los resultados utilizando gráficos con los datos previamente ordenados en una hoja Excel. En el taller de 4º ESO y Bachillerato se investiga sobre si algunas esencias aromáticas (romero, lavanda y un tercer aroma) influyen en la capacidad de memorizar. Igualmente se cumplimentaron las fichas de toma de datos y se les enseñó los resultados utilizando gráficos con los datos previamente ordenados en una hoja Excel. Para finalizar, los de primeros cursos de ESO realizaron una colonia y los alumnos de 4º ESO y Bachillerato realizaron un ambientador aromático, todo ello con el material aportado por la organización de "Esto me huele a Ciencia".
2. Posteriormente los alumnos realizaron un **proyecto de investigación científica** guiado por el docente del Centro Escolar con ayuda del material didáctico y la "Aromateca". El proyecto tenía que estar relacionado con el sentido del olfato y los aromas.
3. Cada Centro Escolar eligió un trabajo por cada nivel educativo (1º a 3º ESO I /4º de ESO+ Bachillerato) para enviar a la exposición y concurso.
4. En la categoría de **1º a 3º de Educación Secundaria** obtuvieron el primer premio los alumnos de 1º y 2º ESO del Colegio La Purísima de Madrid con su trabajo "¿A qué huelen las curvas?". Investigación científica sobre la relación entre las formas geométricas y colores de los envases de productos aromáticos y la preferencia del público a la hora de elegir unos u otros.

El primer premio consistió en:

- Realización del taller "Descubre la Ciencia" en el MUNCYT. Alcobendas, el premio incluía el traslado en autocar. La actividad la organizó la Asociación ColArte en Madrid.
- Material didáctico científico: Libros y juegos para el Centro Escolar.

Se otorgó un accésit a los alumnos de 2º de ESO del Colegio Calasancio por su trabajo "No es olor todo lo que reluce" investigación sobre si influyen las marcas en la elección de un perfume u otro.

El premio del accésit consistió en:

- Material didáctico científico: Libros y juegos para el Centro Escolar.

Todos los trabajos recibidos se expusieron durante un mes en el Centro Asociado UNED-Escuelas Pías, de Madrid, y en el mismo lugar se celebró la ceremonia de entrega de premios, en la que participaros todos los integrantes del proyecto, padres, profesores y alumnos.

Figura 2. Exposición de trabajos en Centro Asociado de la UNED-Madrid. Escuelas Pías

Figure 2. Exhibition of Works at UNED-Madrid. Escula Pías

4. Plan comunicación y difusión

La comunicación y diseminación de los resultados ha sido tenida muy en cuenta en todo momento y se han realizado las siguientes acciones:

- Se ha contado con la colaboración ofrecida por CEMAV (Centro de Medios Audiovisuales de la UNED) lo que ha permitido dar la mayor visibilidad al proyecto tanto en la fase de promoción como en su desarrollo y en la difusión de los resultados obtenidos.
- Se ha creado una página web propia que se ha utilizado para la promoción y seguimiento de todas las actividades tanto por los alumnos y docentes participantes como por todo el resto de agentes potencialmente interesados (familiares, otros estudiantes, otros centros educativos, docentes…)
- Se ha creado la página web específica del proyecto: www.estomehueleaciencia.org en la que se ha ido incluyendo la información relativa al proyecto.
- También se ha incluido en la página de la Asociación ColArte en Madrid información del proyecto en un apartado dedicado al mismo. www.colarte.org/esto-me-huele-a-ciencia
- La Asociación ColArte en Madrid ha aportado los contactos establecidos desde su fundación con centros escolares con los que ha organizado múltiples actividades de divulgación de las Artes y las Ciencias. Con todos los centros escolares se ha mantenido una comunicación continua en la que se ha ido informando de proyectos como "Esto me huele a Ciencia", lo que ha permitido una difusión rápida y ha hecho posible que se desarrolle el proyecto en 11 Centros Escolares y hayan participado 2014 alumnos. La página web de ColArte en Madrid ha reservado una ubicación preferente para la publicidad del Programa.
- Se han utilización las redes sociales como medio de difusión masiva. Se ha ido dando información en tiempo real de las actividades del proyecto en Twitter, colgando fotos y comentarios de las actividades. Se ha ido formando una red de "amigos" que mediante sus retwiteos han ido difundiendo la información. https://twitter.com/Huele_a_Ciencia y en https://twitter.com/colartenmadrid.
- Se han realizado varias series de mailing institucional cada vez que se ha organizado un evento dentro del programa: información de inicio del proyecto, noticias intermedias, emisión del documental, invitación al evento de entrega de premios. Este mailing ha tenido dos ramas:
  - Interno: a la comunidad UNED interesada y centros asociados
  - Externo: listado de colegios de ColArte en Madrid, Ministerio y otras instituciones implicadas o de interés, empresas patrocinadoras y otros colaboradores.
- Se ha realizado una intensa labor de información con las Asociaciones de Padres y Madres (AMPA,s) y se han compartido ideas con los equipos directivos de los Centros Escolares, realizando visitas presenciales a los Centros Escolares que se han interesado por el proyecto.
- Se ha diseñado un dossier informativo para Centros Escolares de la Comunidad de Madrid que se ha enviado a los mismos y que está publicado en la Web.
- Del mismo modo, se han generado varias noticias al inicio del proyecto:
- Se ha grabado un programa de radio dedicado íntegramente al proyecto "Esto me huele a Ciencia" , el programa se emitió el 13 de junio de 2017, se puede escuchar en el siguiente enlace: canal.uned.es/video/5a6f7a51b1111ff1168b45e4
- Se ha realizado una noticia informando del inicio del proyecto en la página web de divulga UNED divulgauned.es/me-huele-ciencia/

Tanto el programa de radio como las noticias tuvieron amplia difusión.

También se ha generado un documental explicativo del desarrollo del proyecto, en coproducción con CEMAV (Centro de Medios Audiovisuales de la UNED). Dicho documental, se grabó durante la realización de los talleres en los Centros Escolares y se emitió el 12 de enero de 2018. Se puede ver en los siguientes enlaces:

www.youtube.com/watch?v=kJyEldXKueE

canal.uned.es/mmobj/index/id/60469.html

www.rtve.es/alacarta/videos/uned/

El documental también ha tenido una amplia difusión, con numerosas visualizaciones. Muchas de estas visualizaciones han sido colectivas en los propios Centros Escolares y en el entorno familiar por lo que el número real de espectadores es mucho mayor.

Al final del proyecto se han vuelto a publicar más noticias. Durante la exposición, se grabó una noticia informando del final del proyecto, de la exposición de los trabajos premiados y de la ceremonia de entrega de premios. También se grabó la ceremonia de entrega de premios. La noticia se emitió el día 13/04/2018 en Canal UNED-La 2 de RTVE con el título "El olor de la Ciencia" y se puede visualizar en los siguientes enlaces:

canal.uned.es/video/5ac62541b1111fca358b4567

www.rtve.es/alacarta/videos/uned/uned-2-13042018-noticia-olor/4560822/

www.youtube.com/watch?v=cXOTL5BiL5o

Por último, se ha publicado una noticia informando del final del proyecto y del acto de entrega de premios el día 21 de marzo de 2018 en Canal del Centro Asociado UNED-Madrid

www.unedmadrid.es/index.php/2-uncategorised/540-esto-me-huele-a-ciencia

5. Colaboraciones con otras entidades

Para el Proyecto "Esto me huele a Ciencia" se ha creado un grupo de trabajo multidisciplinar con núcleo formado por la UNED, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Forestal y Medio Natural de la Universidad Politécnica de Madrid y la Asociación ColArte en Madrid (Asociación sin ánimo de lucro para la Divulgación de la Artes y las Ciencias en los Centros Escolares).

Se ha contado con la colaboración de UNIDIS (Centro de atención a universitarios con discapacidad), para la asesoría en la adaptación de contenidos a personas con discapacidad.

En el equipo multidisciplinar han participado pedagogos y especialistas en educación, especialistas en informática y nuevas tecnologías y arquitectos.

La colaboración con el Centro de materiales audiovisuales CEMAV ha supuesto un enriquecimiento del proyecto del que los alumnos participantes se ha beneficiado, incorporando aprendizajes también en el campo de los audiovisuales y gracias a la cual el proyecto ha podido ser difundido a mayor escala.

6. Mecanismos de evaluación del impacto

El Proyecto se ha ido evaluando de forma continua y permanente a lo largo de todo su proceso, analizando y controlando la eficacia de cada una de las etapas y actividades que lo componen.

Se ha mantenido un contacto continuo con la Comunidad Educativa participante, docentes y alumnos antes y después de cada actividad, se han ido resolviendo las dudas planteadas y ayudando en el proceso de elaboración del trabajo de investigación que los Centros Escolares presentaron posteriormente al concurso.

Para medir el grado de consecución de los resultados de forma cualitativa, se elaboró una encuesta compuesta por los siguientes aspectos:

- Nivel de implicación del grupo de alumnos en los talleres.
- Grado de satisfacción de los participantes (docentes y alumnos).
- El grado de comprensión y asimilación de los conocimientos por parte del alumnado.
- La adecuación de tiempos/duración de las actividades según el nivel educativo al que se dirigen.
- La adecuación curricular de los contenidos de las actividades.
- Nivel de asistencia y permanencia de los involucrados en cada una de las actividades del Proyecto.
- Impacto que ha tenido la actividad en el entorno próximo de los participantes (familias)
- Mejora de la percepción de la Ciencia por parte de los escolares participantes y su entorno.

Los resultados han sido plenamente satisfactorios.

7. Grado de implantación de la Investigación

Para estimar la implantación de la investigación realizada se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Facilitar la participación de la sociedad
- Incrementar el acceso a los resultados científicos
- Garantizar la igualdad de género, tanto en el proceso como en el contenido de las investigaciones
- Tener en cuenta los aspectos éticos
- Promover la educación científica, tanto informal como formalmente
- Fomentar la gobernanza favoreciendo la responsabilidad compartida entre grupos de interés e instituciones

8. Conclusiones

- Es un proyecto innovador e inclusivo en cuanto al público al que hemos llegado, estudiantes de las primeras etapas educativas y alumnos con discapacidad.
- Ha tenido una amplia repercusión en la comunidad educativa (alumnos, docentes y familias) y se ha dado una amplia difusión de los trabajos divulgativos que realiza la UNED.
- Es un proyecto que ha interesado e implicado a múltiples docentes de centros, Departamentos y Facultades de la UNED, habiéndose creado un equipo multidisciplinar muy bien coordinado que está trabajando en la divulgación aunando capacidades. Ha tenido una gran acogida y difusión. El impacto social del proyecto "Esto me huele a Ciencia" ha sido importante, con la participación directa de 2014 alumnos de 11 Centros Escolares públicos, concertados y privados; se han realizado 100 talleres con alumnos desde los 3 años hasta los 17 años en los que más de 150 docentes de los Centros Escolares han colaborado. Se ha buscado la implicación de las familias y del resto de la comunidad escolar utilizando las redes sociales e informando a tiempo real del desarrollo de los talleres y actividades.
- El proyecto ha producido diverso material didáctico teórico, así como material para experimentar incluido en las "Aromatecas". Todo ello se ha aportado a los Centros Escolares como dotación para su uso por toda la comunidad educativa. También se ha creado una conexión entre los Centros Escolares y la UNED de forma que los docentes de la UNED se han puesto a disposición de los Centros Escolares participantes para ayudar en la elaboración de los proyectos de investigación y para aclarar cualquier duda científica que surgiera. Esta conexión entre las primeras etapas de la educación y la Universidad

la consideramos muy importante para incluir la opción universitaria y científica como posible salida para colectivos poco favorecidos como es el alumnado con discapacidad y los alumnos de Centros Públicos de entornos económicos más desfavorecidos.

- El esfuerzo que se ha hecho de comunicación al resto de la sociedad a través de la emisión de noticias y de un documental en La2 de RNE y de un programa de radio dedicado al proyecto ha permitido dar la mayor visibilidad posible al proyecto.

9. Agradecimientos

El proyecto que ha sido financiado por la FECYT 2016 (Ref: FCT-16-10963), ha contado con la colaboración de diversas instituciones como LÓreal, CEPSA, AMEI-WEACE (Asociación mundial de educadores infantiles), CEMAV (Centro de Medios Audiovisuales de la UNED), TIME-ZONE, SIGMA-ALDRICH-MERCK, Colegio de Biólogos de la Comunidad de Madrid, DRABA (Ingeniería medioambiental) GRILAB, XSEQURE, SAILAB. Además, varios Centros Escolares, han manifestado su apoyo al proyecto, ofreciendo su ayuda técnica y medios propios para colaborar en diversos aspectos del proyecto. Todo esto permite afirmar que el entorno social e institucional es muy favorable permitiendo mantener las actividades a medio y largo plazo.

La colaboración de profesores y estudiantes de doctorado en el proyecto ha sido fundamental para lograr los objetivo marcados. Por ello los autores desean agradecer a todos los colaboradores su desinterés a la hora de participar; *Vanesa Calvino Casilda*: Doctora en Ciencias Químicas y profesora en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED. *Rocío Muñoz Mansilla*, Profesora de la UNED, Doctora del Área de conocimiento de Ingeniería de Sistemas y Automática. *Gema Paniagua González*: Doctora en Ciencias Químicas, *Mónica Morales Camarazana* Doctora en Ciencias (Biológicas). *Raquel Martin Folgar*: Doctora en Ciencias (Biológicas). *Mª del Carmen Ortega Navas*: Doctora en Filosofía y Ciencias de la Educación. Directora del Instituto Universitario de Educación a Distancia (IUED). *Maria Paz Arraiza Bermúdez–Cañete*: Doctora en Ciencias Biológicas. *Carlos Calderón Guerrero*, Doctor Ingeniero de Montes, e Ingeniero Técnico Forestal. *Marina Godino Ojer*: Ingeniera de Montes, Licenciada en Ciencias Ambientales, Máster en Ciencia y Tecnología Química y Doctora en Ciencias. *Daniel González-Rodal*, Graduado en Química y Criminólogo. *Mª Carmen Artuñedo Esteban*, Licenciada en Pedagogía y Máster en Orientación Profesional. *Diana Zugasti Hervás*: Grado en Ingeniería del Medio Natural. Especialidad: Evaluación y Corrección de Impactos. *Sheila Martín García*: Licenciada en Ciencias Ambientales y Grado en Química.

Del mismo modo, agradecemos a UNIDIS (Centro de Atención a Universitarios con Discapacidad-UNED) por el asesoramiento en la adaptación de material didáctico para estudiantes con discapacidad y a su Director Tiberio Feliz, profesor del Departamento de Didáctica, Organización Escolar y didácticas Especiales UNED participa en este proyecto, y al CEMAV (Centro de Medios Audiovisuales de la UNED) por su variada selección de soportes y formatos audiovisuales con el fin de apoyar las tareas docentes e investigadoras del profesorado, facilitando a los estudiantes el acceso a contenidos audiovisuales que les puedan ser útiles en sus actividades académicas, con contenidos científicos, tecnológicos, culturales e institucionales.

Finalmente, agradecemos a ColArte en Madrid, Asociación para la Divulgación de las Artes y las Ciencias en el entorno escolar, por la realización de tareas de gestión de proyectos, eventos y actividades de divulgación científica y artística, que ha diseñado y coordinado el proyecto de divulgación científica “Esto me huele a Ciencia”.

Encuentros con la Ciencia: scientific knowledge available to everyone

Encuentros con la Ciencia: conocimiento científico al alcance de todos

Enrique Viguera*, José Lozano, Mariola Argibay, Juan Carlos Aznar, Julia Toval, José Juan Reina, Francisco Villena y Ana Grande

Área Genética, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga (eviguera@uma.es)

Abstract

"Encuentros con la Ciencia" is a multidisciplinary collaborative project with the main objective of making science accessible to society. University and secondary school professors join forces with different agents (institutional and private) and organizations to inform the public about the importance of science in our daily lives. This is possible by involving the scientific community itself to disseminate the scientific knowledge that is currently developed in Spanish research centers. It is achieved through a variety of dissemination activities and scientific practice in two contexts: a general one, with activities opened tom the public, aimed at a heterogeneous audience with different interests in science; and in an educational framework, targeted at students and their teaching staff. The project is based on the structure of the scientific dissemination cycle "Encuentros con la Ciencia", currently in its fifteenth edition. It is a consolidated structure with headquarters, public, and own resources. The project brings together up to 8 actions: scientific conferences, scientific exhibitions, open workshops on science, Scientific cinema, scientific workshops focused of gifted students (*GuíaMe-AC-UMA* and "When I grow up I want to be ..."), scientific updates focused on secondary level teachers and *Experimenta*. We emphasize the media repercussion of this activity that has opened frequent communication channels with the main media of the city (SUR, Cadena SER, Canal SURTV, La Opinión, Malaga Hoy, etc), so that speakers and organizers of "Encuentros con la Ciencia" have in fact, become common sources of scientific information, often even outside the context of the conference. In fact, the media have incorporated "Encuentros con la Ciencia" as a habitual suggestion of the proposals.

Resumen

"Encuentros con la Ciencia" es un proyecto colaborativo multidisciplinar que nace con el objetivo principal de hacer accesible el avance de la ciencia a la sociedad. Profesores universitarios y educadores de secundaria unen esfuerzos con diferentes agentes (institucionales y privados) y organizaciones para informar al público sobre la importancia de la ciencia en nuestra vida cotidiana. Esto se hace posible involucrando a la propia comunidad científica para difundir el conocimiento científico que se desarrolla actualmente en los Centros de investigación españoles. Se logra por medio de una variedad de actividades de difusión y práctica científica en dos contextos: uno general, con actividades abiertas a un público heterogéneo con diferentes intereses por la ciencia; y en el marco educativo, dirigido a los estudiantes y al personal docente principalmente. El proyecto se basa en la estructura del ciclo de divulgación científica "Encuentros con la Ciencia", actualmente en su decimoquinta edición. Es una estructura consolidada con sede, público y recursos propios. El proyecto reúne 8 acciones: Conferencias científicas, Exposiciones científicas, Talleres abiertos sobre ciencia, *Ciencia de cine*, Talleres científicos como los *GuíaMe-AC-UMA* o "Yo de mayor quiero ser...", actividades de actualización científica y formación del profesorado y *Experimenta*. Destacamos la repercusión mediática de esta actividad que ha abierto canales de comunicación con los principales medios de comunicación de la ciudad (*Cadena Ser*, *Canal Sur*, *La Opinión*, *Málaga Hoy*, etc), de manera que ponentes y organizadores de Encuentros con la Ciencia se han convertido, de hecho, en fuentes expertas habituales de información científica, a menudo incluso fuera del contexto de las jornadas. Por todo ello, se ha conseguido que los medios de comunicación hayan incorporado a "Encuentros con la Ciencia" como una referencia en divulgación de la ciencia.

1. Introducción

En las sociedades modernas, los avances del conocimiento en disciplinas clave como la Biología, la Medicina o la Física están cambiando nuestra concepción del mundo. Además, la aparición de nuevas y potentes tecnologías derivadas de los conocimientos básicos está sin duda alterando nuestro estilo de vida. Sin embargo, y a pesar de este impacto, con frecuencia se percibe en el público general no especializado, un desconocimiento de los fundamentos y de las implicaciones reales de tales avances [1]. No se identifica ni se relaciona la acción científica con el desarrollo de la actividad profesional, ni con el nivel de bienestar social [2]. En nuestra opinión, resulta evidente, por tanto, la necesidad de dar a conocer la ciencia actual a los ciudadanos y, al mismo tiempo, fomentar su interacción con los científicos. De hecho, la Ley 14/2011 de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, indica la importancia de la difusión de los resultados y la cultura científica y tecnológica [3]. En este contexto nace en 2001 "Encuentros con la Ciencia", como un ciclo de

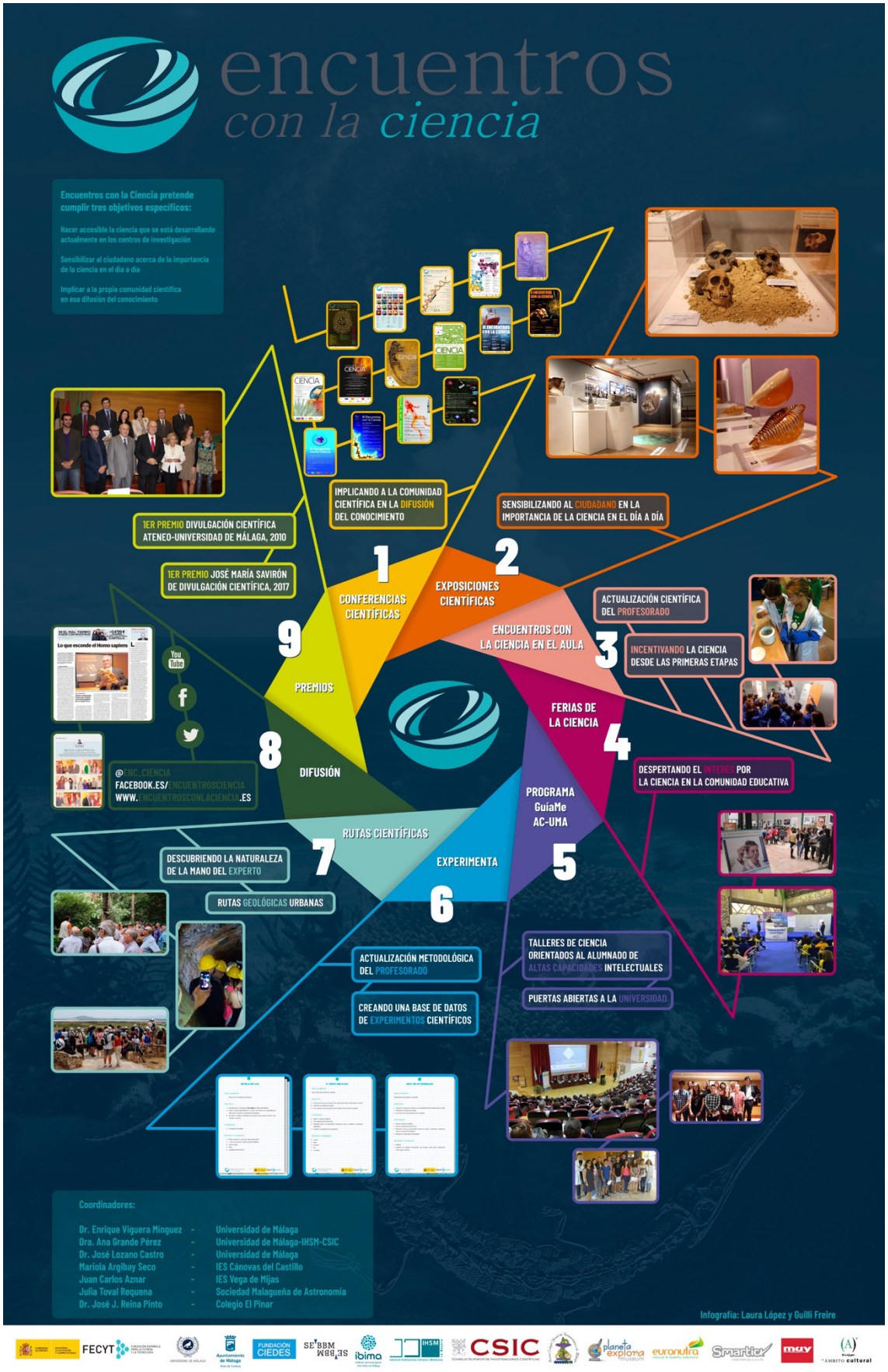


Figura 1. Esquema de actividades desarrolladas en Encuentros con la Ciencia

conferencias que se desarrolla en el Ámbito Cultural de El Corte Inglés en Zaragoza, de la mano del colegio Oficial de Físicos y la Real Sociedad Española de Física de Aragón. En el año 2004 la idea salta a Málaga, de la mano de tres profesores e investigadores de la Universidad de Málaga, el Dr. Enrique Viguera (coordinador principal), la Dra. Ana Grande y el Dr. José Lozano, que le imprimen un nuevo enfoque a esta iniciativa. Inspirados en la labor divulgadora, que tanto preocupaba al ilustre científico español Don Santiago Ramón y Cajal, persiguen tres objetivos concretos: hacer accesible la ciencia que se está desarrollando actualmente en los centros de investigación españoles, sensibilizar a la ciudadanía acerca de la importancia de la ciencia en el día a día, e implicar a la propia comunidad científica en esa difusión del conocimiento. En resumen, fomentar la cultura científica y presentar, de manos de sus propios protagonistas, los avances científicos actuales. Durante este proceso hemos colaborado con el Centro de Profesorado de Málaga, dependiente de la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, que coordina más de 300 centros educativos en Málaga. Gracias a ello, Encuentros con la Ciencia ha sido reconocido como curso de formación para el profesorado de enseñanza media, que, a su vez, se ha encargado de trasladar al aula los conocimientos transmitidos en las conferencias y otras actividades. Además, "Encuentros con la Ciencia" en Zaragoza y su edición en Málaga, confluyen en una búsqueda de sinergia, creando una acción que rompa las fronteras de las propias ciudades.

Málaga es la sexta ciudad de España en cuanto a población, sin embargo, es deficitaria en museos de ciencia y en actividades científicas de esta índole que sean capaces de absorber la demanda existente en la ciudadanía o en potenciar la ciencia para los diferentes públicos, ya sea el ámbito educativo y la sociedad en general. Desde el año 2004 hemos logrado la colaboración activa de Encuentros con la Ciencia con instituciones y empresas privadas (El Corte Inglés, Colegio Oficial de Farmaceúticos, Euronutra, ASA, Planeta Explora) y públicas (Ayuntamiento de Málaga, IHSM-CSIC, Ibima, Universidad de Málaga y Centro de Profesorado de Málaga) y de los medios de comunicación locales (prensa, radio y TV). Es especialmente relevante la financiación continuada en las convocatorias competitivas de la FECYT desde el año 2006 que, si bien sólo cubre una parte de los gastos de las diferentes actividades realizadas, sirve de garante de calidad del proyecto y, por lo tanto, de estímulo al resto de patrocinadores.

Encuentros con la Ciencia ha evolucionado vertiginosamente a lo largo de estas quince ediciones y, lo que comenzó siendo un ciclo de conferencias, se ha convertido en una actividad de divulgación científica ya asentada, con gran reconocimiento y prestigio dentro de la ciudad de Málaga. Todo un conjunto de actividades, que además de lo ya mencionado, incluye exposiciones temporales de muy diversas temáticas, talleres de ciencia, talleres específicos para alumnado de Altas Capacidades Intelectuales, teatros científicos, Base de datos de experimentos científicos, blogs educativos, concursos, rutas de ciencia, etc. (Figura 1). Exponemos a continuación las actividades realizadas en Encuentros con la Ciencia con el objetivo de que nuestra experiencia pueda trasladarse a otras ciudades.

2. La implicación del científico en la difusión del conocimiento

Lo que no se comunica no existe [4]. Una de las principales tareas del científico es la comunicación de sus resultados de investigación a la comunidad científica por medio de la publicación en revistas especializadas que impliquen una revisión por pares y posibilite la reproducibilidad de sus resultados por otros grupos de investigación. Sin embargo, la utilización de un lenguaje técnico muy especializado crea a menudo una brecha entre científicos y público [5], cuya principal consecuencia es que los resultados de las investigaciones no salgan del entorno académico y no lleguen por tanto a la sociedad.

A su vez, como indica [6], la ciencia ha dejado de tener un papel neutral y exenta de responsabilidades. Estudios sobre cambio climático, edición de genes, organismos genéticamente modificados, energía nuclear o utilización de animales en experimentación entre otros tienen una repercusión directa en la sociedad. La falta de una adecuada educación científica del público conlleva en ocasiones un rechazo, un aumento de corrientes pseudocientíficas y un menor apoyo a la ciencia por parte de los responsables políticos. Es, por tanto, acuciante que el investigador salga de su *Torre de Marfil* y baje a la arena pública.

Desde "Encuentros con la Ciencia" hemos desarrollado una estructura que posibilita la transmisión de los resultados de investigación al público general, profesorado y medios de comunicación, implicando para ello a la propia comunidad científica. Sobre un núcleo central de conferencias científicas abiertas a la ciudadanía, confeccionamos otras actividades: Exposiciones científicas, Ciencia en el aula, Ciencia de cine, …

Hasta la fecha hemos realizado más de 120 conferencias científicas con una vocación multidisciplinar en las que se han tratado temáticas tan variadas como astronomía, cáncer, cambio climático, biomedicina, genética, evolución biológica, filosofía, informática… y un largo etcétera. Aproximadamente la mitad del número de conferencias de cada edición está dedicada a una temática específica en función de efemérides o novedades científicas: Clonación celular (20 aniversario nacimiento oveja Dolly), Oceanografía (Expedición Malaspina), etc. Al final de cada edición, el propio público asistente tiene la opción de plantear aquellos temas que le resulten más interesantes para ser tratados en posteriores ciclos de "Encuentros con la Ciencia", y se facilita que puedan realizar cualquier tipo de sugerencia

o comentario mediante una encuesta de carácter anónimo.

La experiencia nos ha demostrado que es fundamental que los títulos de las conferencias sean atractivos, alejados de la rigurosidad y meticulosidad del científico dado que en ocasiones la decisión del público para asistir o no va a depender de éste: “Asturias, paraíso mineral”, “Los sonidos de la ciencia”, “Cómo mentir con estadísticas”, “¿Cómo se desarrolla un cáncer? La célula fuera de control”, “Cuando la Tierra tiembla…” son algunos ejemplos de eventos celebrados. En cuanto a los ponentes, es importante conocer de antemano sus habilidades para hablar en público, pues deben trascender de las lecciones magistrales y adaptarse a un auditorio diverso, buscar la paridad entre el panel de expertos de cada edición y contar tanto con científicos consagrados como con investigadores jóvenes que muestren el potencial al público juvenil asistente.

Ha sido interesante también observar el aumento de la visibilidad conseguido cuando las conferencias científicas se han grabado y editado profesionalmente y puesto disposición del público en nuestro canal YouTube. De esta forma, con la inversión realizada permite llegar a un público mucho amplio e y darle una segunda vida a los coloquios pues pueden ser utilizados permanentemente como material didáctico-educativo.

En cuanto a la sede de las conferencias, a falta de un gran museo de ciencias en la ciudad, es importante su ubicación en un enclave céntrico con el que el público general esté familiarizado. Las conferencias de "Encuentros con la Ciencia" se desarrollan en la sala de conferencias de Ámbito Cultural de El Corte Inglés, con un importante poder de atracción en la ciudad, lo que ha permitido su consolidación como un evento divulgativo de calidad a lo largo de todos estos años en la ciudad de Málaga (Figura 2). Muchas personas de nuestro público se confiesan asistentes asiduos edición tras edición.

3. Encuentros con la Ciencia en el aula

Desde el punto de vista didáctico, estas conferencias son la base de un proceso de actualización científica de los docentes. A nuestro entender, la formación continua del profesorado es ineludible, no sólo para aquellos relacionados con la impartición de materias educativas de carácter científico, si no para el profesorado en general, ya que en un contexto social como el actual, la cultura científica es impregnativa y necesaria para una ciudadanía competente y responsable. Las temáticas abordadas sirven además como base para el trabajo a desarrollar en las aulas.

A través de la elección de científicos y científicas como ponentes de las conferencias, se pretende dar una imagen actualizada de la ciencia sin sesgos de género. Esto contribuye al desarrollo de una política educativa igualitaria y a la identificación personal del alumnado con los investigadores, lo cual repercute positivamente en el despertar de la vocación científica, uno de nuestros objetivos prioritarios.

Otro de los objetivos de "Encuentros con la Ciencia "es incidir en la importancia de comunicar la Ciencia en el ámbito educativo. Para ello se ha elaborado un curso de formación del profesorado en el que, tomando como partida los temas expuestos en las conferencias y exposiciones, se trabaja en el aula la difusión de los conocimientos científicos, basándose para ello en dos aspectos fundamentales de la formación:

1. La acualización y contextualización del conociemiento en relación con el avance científico de nuestro país. Para cubrir este aspecto, el profesorado acude a las conferencias y, además, recibe materiales complementarios, tanto digitalizados como impresos.

Figura 2. Imagen de la sala de conferencias durante la conferencia "Cómo se pierde la memoria" Dra. Agnés Gruart (XV Encuentros con la Ciencia)

2. La utilización del método científico como metodología didáctica para trabajar en el aula. Para desarrollar este aspecto, a través de una plataforma Moodle, se pone a disposición del profesorado diversa documentación con orientaciones metodológicas, modelos y diversos recursos pedagógicos.

Cada participante debe desarrollar, presentar y evaluar una experiencia de aula basada en este contexto. En este proceso, se potencia el aprendizaje entre iguales del profesorado y se pone en valor la labor docente.

A través de la puesta en común de las experiencias de aula se promueve un enriquecimiento de la práctica educativa basada en la propia práctica. También se favorece la apertura y transparencia de la práctica docente, derribando los muros y miedos del profesorado a comunicar cualquier aspecto relacionado con los problemas y/o inquietudes que se plantean en el aula.

Por cuestiones logísticas, el número de profesores aceptados para seguir este procedimiento formativo en cada edición es limitado. Esta restricción, nos hizo plantear el diseño de un blog didáctico-educativo, en el que poder dar accesibilidad a todos los recursos disponibles de todas las ediciones. De esta forma por tratarse de un recurso en red, estará abierto para cualquier profesorado y alumnado, participe o no en la acción formativa diseñada en el seno de Encuentros con la Ciencia, e incluso, para toda la ciudadanía. Este medio posibilita, por tanto, ampliar nuestro radio de acción a un público que, de otra forma, nos resultaría inalcanzable.

4. Una imagen vale más que mil palabras: exposiciones científicas

Las exposiciones científicas son una herramienta de comunicación científica tanto para el público interesado en ciencia y habitual asistente a las conferencias científicas como para el público ajeno a las mismas.

Las exposiciones presentadas en las diferentes ediciones de “Encuentros con la ciencia”, son además un excelente material didáctico-educativo. Para el máximo aprovechamiento de las exposiciones en el marco educativo, se han desarrollado varias acciones superpuestas al propio contexto de cada exposición y que han variado en las diferentes ediciones:

1. Establecer las relaciones curriculares correspondientes entre los contenidos de las exposiciones y los currículos del alumnado de secundaria y bachillerato. Este punto se ampliará a primaria en la siguiente edición del proyecto y se desarrollará con materiales específicos.
2. Las visitas guiadas a la exposición con el profesorado participante en las actividades de formación, con el fin de amplificar el efecto divulgativo al alumnado de los diferentes centros participantes.
3. Posibilidad de visitas gratuitas en un amplio horario para todos los grupos de alumnado cuyo profesorado lo quisiera desarrollar.

En estas visitas se orientaba al profesorado para plantear una serie de actividades previas (con el fin de que el alumnado obtuviera un máximo rendimiento de su visita). También actividades simultáneas al curso de la visita (encaminadas a conseguir una atención especial en algún contenido concreto, a comprender determinado aspecto, a argumentar sobre alguna idea, etc.) y acciones posteriores al desarrollo de las visitas. Estas últimas, con dos fines principales: evaluar la propia acción y evaluar el proceso como actividad ligada a la práctica educativa, es decir, contestar a dos preguntas "¿Qué ha supuesto la visita para el alumnado desde el punto de vista personal?" y "¿qué ha supuesto la visita en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado?"

Además de lo mencionado anteriormente, las exposiciones han sido contextos reales en los que poder trabajar con todos los niveles educativos diferentes aspectos curriculares y no curriculares relacionados con la ciencia y la tecnología.

También han sido espacios de reflexión y valoración sobre la actividad de la ciencia y de las personas que la desarrollan, acercando la figura de las científicas y los científicos a la ciudadanía en general y al alumnado, como posibles investigadores del futuro, en particular.

Hasta la actualidad, hemos realizado 10 exposiciones temporales (Figura 3), de muy variadas temáticas: *“Un mundo cristalino bajo tus pies”* supuso una exploración de uno de los patrimonios más versátiles y enriquecedores con los que cuenta Málaga, el geológico; *“Bajo los límites del ojo humano”* nos descubrió el universo que nos rodea a nivel microscópico y que nos pasa desapercibido debido a las propias limitaciones de nuestros sentidos; en *“¡Caracoles! El mundo de los moluscos”* vimos cómo este extenso grupo de animales ha colonizado prácticamente todos los ambientes del planeta; *“La expedición Malaspina y la exploración del océano”* nos acercó esta expedición oceanográfica liderada por nuestro país, cuyo objetivo fundamental ha sido dar respuestas al cambio global que afecta a nuestro planeta; *“¡Qué difícil es ser humano!”*, con motivo del X aniversario de Encuentros con la Ciencia, pretendía mostrar al público la escasa variabilidad presente en las poblaciones humanas actuales; la exposición *“¿Y tú qué? Yo, científico”* realizó un recorrido sobre el método científico y las herramientas y el lenguaje que usa la ciencia, incluyendo ejemplos de avances científico-tecnológicos que han contribuido a cambiar nuestro modo de vida y destacando la figura del investigador; *“La belleza del cristal”* junto con *“Cristales: un mundo por descubrir”* (Fundación Descubre) pretendía mostrar la importancia de los cristales en el día a día; “*El joven rostro de la ciencia”* exposición fotográfica de Juan Miguel Pérez Ramos en colaboración con "Encuentros con la Ciencia", pretende mostrar las fases iniciales de la carrera

investigadora y servir de modelo para el estudiante; *"Islas Galápagos: la evolución en acción"* pretende mostrar diferentes aspectos de uno de los sistemas insulares mejor conservados del mundo… conservación, investigación, evolución, geología, botánica, zoología son las diferentes disciplinas que se tratan en la misma; por último, *"Alzheimer: camino de la memoria*", realizada con motivo del 15 aniversario de Encuentros con la Ciencia, pretende mostrar al público el estado actual sobre el estudio del cerebro humano, haciendo especial énfasis en una de las demencias más comunes: la enfermedad de Alzheimer.

Una vez montadas las diferentes exposiciones, se organizan visitas explicativas de tal forma que los asistentes, alumnado de diferentes Centros Educativos y público en general, pueden obtener una información personalizada.

A su vez, las exposiciones tienen un carácter itinerante por diversos centros educativos que, junto con un material suplementario que se le proporciona al profesor, son utilizados como elemento central o como catalizadores de Ferias de la Ciencia.

Figura 3. Imagen de algunas exposiciones desarrolladas en "Encuentros con la Ciencia"

5. Potenciando las Altas Capacidades Intelectuales: talleres especializados

El alumnado con altas capacidades intelectuales (AACCII) es particularmente receptivo frente a las actividades científicas. Encuentros con la Ciencia participa en dos programas dirigidos al alumnado identificado con AACCII: GuíaMe-AC-UMA, un programa de enriquecimiento extracurricular orientado a estudiantes de entre 14 y 17 años y coordina el programa "Yo de mayor quiero ser… Biólogo, Médico, Oceanógrafo, Químico…" dirigido a estudiantes de entre 8-13 años. En ambos programas participan profesores de la Universidad de Málaga (UMA). Los docentes somos quienes realizamos talleres prácticos sobre disciplinas científicas tan variadas como física, estadística, programación, inteligencia artificial, genética, geología, botánica, bioquímica, etc. Las prácticas se diseñan y se desarrollan en un laboratorio de la Universidad. Esta estrategia educativa favorece el aprendizaje por descubrimiento, contribuyendo al desarrollo científico del alumnado, como sustituto del aprendizaje por exposición oral del docente; utiliza una amplia variedad de recursos didácticos y potencia la curiosidad, el pensamiento creativo, la automotivación, la resistencia a la frustración, la perseverancia y los complejos procesos cognitivos de resolución de problemas y toma de decisiones, fundamentales en la actividad científica.

Esta actividad didáctica parte de la base pedagógica de la metodología del modelo didáctico del descubrimiento, pero con un carácter innovador en los siguientes aspectos:

- Desarrollar las actividades en contexto real, es decir, el alumnado ha podido desarrollar estas actividades en el contexto en el que se lleva a cabo la actividad científica (práctica educativa en contexto).
- La posibilidad de que el alumnado perciba un "reto" en la práctica educativa conlleva, ineludiblemente, un aumento de la motivación y la posibilidad de generar respuestas imaginativas.

- El contacto directo entre el alumnado y los investigadores, de forma que el alumnado participante puede encontrar modelos profesionales próximos en estas personas.
- El alumnado ha combinado la posibilidad de desarrollar una actividad científica de carácter práctico con el "descubrimiento" personal de relacionar la teoría con la práctica y decidir el camino que iba a seguir en el proceso.

Estas actividades sobre el alumnado AACCII pretenden reforzar los intereses de estos estudiantes con el fin de evitar el riesgo de desmotivación, abandono y fracaso escolar. GuíaMe-AC-UMA está coordinado entre la UMA y la Asociación Malagueña para el apoyo a las Altas Capacidades Intelectuales (ASA) y evaluado por especialistas en Psicología y Educación en el que participan centros educativos (públicos, concertados y privados) y cuenta entre otros, con la colaboración de la Delegación territorial de la Consejería de Educación en Málaga. "Yo de mayor quiero ser…" se realiza entre Encuentros con la Ciencia y ASA, con la colaboración de la UMA (Figura 4).

Figura 4. Imagen de la inauguración de los talleres "*GuíaMe-AC-UMA*" en la Universidad de Málaga

6. Base de datos de experimentos científicos: Experimenta

El desarrollo de experimentos científicos en el aula es una forma eficaz de posibilitar la comprensión de procesos complejos y potenciar en el alumnado el método científico: formulación de hipótesis y verificación mediante la experiencia. De esta forma se promueve el pensamiento reflexivo, crítico y analítico. Para facilitar la labor del profesorado, desde Encuentros con la Ciencia hemos elaborado *Experimenta*, una base de datos de experimentos científicos sencillos y de bajo coste realizado para ser utilizado por el propio profesorado de enseñanza media. La estructura consiste en fichas con protocolos adaptados a los distintos currículos, material requerido y un pequeño video explicativo.

7. Itinerarios científicos

Se trata de actividades orientadas a un público no directamente interesado en contenidos científicos, pero sí en el valor añadido que supone una visita a un enclave de interés acompañado de un investigador o divulgador científico. Hasta la fecha hemos realizado rutas geológicas urbanas por la ciudad de Málaga, visitas guiadas a diferentes ecosistemas (montaña, fluvial o costero) de la Gran Senda de Málaga y al Jardín Histórico de La Concepción de Málaga (Figura 5). La demanda de estas actividades ha sido muy grande y, aunque no supone un coste para el visitante, la experiencia puede servir de garantía para ofrecer estas visitas en el formato de turismo científico por parte de una empresa especializada.

Figura 5. Imagen del itinerario científico a la Laguna de Fuentepiedra, desarrolladas en "Encuentros con la Ciencia"

8. Facilitando la comunicación de la ciencia a los medios de comunicación

Las diferentes actividades realizadas en Encuentros con la Ciencia constituyen una interesante fuente de noticias para los medios de comunicación: la posibilidad de entrevistar al experto, la actualización científica sobre alguna temática de relevancia para la sociedad, la novedad o la originalidad del material utilizado en alguna de las exposiciones o las actuaciones realizadas encaminadas a determinados colectivos como Ferias de la Ciencia, etc. La repercusión en la sociedad de la ciencia tendrá un alcance mucho más amplio si la prensa, radio o televisión se hacen eco de éstas. Es innegable la influencia de los medios de comunicación en el modelado de la cultura científica de la sociedad, pero también es cierto que en España cada vez es menor el número de medios de comunicación que cuentan con periodistas especializados en temas científicos, en parte por los recortes que conllevó la crisis. La presión por la inmediatez a la que es sometida conduce en ocasiones a que las noticias no sean tratadas con suficiente profundidad o se introduzcan errores, lo cual conlleva a un rechazo por parte del investigador. Creemos que debe ser labor del científico facilitar los aspectos más importantes de las investigaciones, la historia que hay detrás de un descubrimiento, sus repercusiones inmediatas en la sociedad y sus limitaciones dejando de lado las cuestiones estrictamente técnicas. No deberíamos quejarnos de falta de financiación a la ciencia si los investigadores no somos capaces de transmitir la relevancia de nuestras investigaciones.

Desde sus comienzos el equipo de Encuentros con la Ciencia ha difundido su actividad a través de notas de prensa enviadas directamente a los medios o a través del servicio de prensa de la UMA y que han sido publicadas en la prensa local (*Diario Sur*, *Málaga Hoy*, *La Opinión de Málaga*) o nacional (*El Mundo*, *El País*, revista *MUY Interesante*), radio (*Radio Nacional de España*, *Canal Sur Radio*, *Cadena Ser*, *Cadena COPE*) o televisión (*Programa Tesis-Canal Sur 2 Andalucía*, *Andalucía Directo*, *CanalSur TV*). Hasta la fecha, esta actividad se ha visto reflejada en más de cien artículos, audios o reportajes de televisión con entrevistas a conferenciantes, descripción de las novedades de cada edición, atención a determinado perfil de público o consulta acerca de algún tema candente de investigación de interés en la sociedad (Figura 6).

Figura 6. Recortes de prensa sobre noticias relacionadas con las actividades de "Encuentros con la Ciencia"

Con el fin de que las actividades realizadas en Encuentros con la Ciencia no se restrinjan al ámbito local y que el esfuerzo realizado en su elaboración tenga una mayor repercusión, hemos desarrollado una página *web* rica en contenidos (www.encuentrosconlaciencia.es), que ha ido creciendo paulatinamente. El visitante encontrará en ella mucho más que el anuncio y resumen de las conferencias y breve biografía de los conferenciantes, dispone también de resúmenes de las exposiciones, animaciones multimedia sobre algunos de los temas tratados en las conferencias, enlaces a los artículos de prensa derivados de la actividad de "Encuentros con la Ciencia" a lo largo de todas sus ediciones, noticias, eventos, … etc. También está presente en las redes sociales Facebook (*facebook.com/encuentrosciencia*) con más de 2500 seguidores, Twitter (*@enc_ciencia*), con más de 30.000 seguidores y el canal *Youtube*, con más de 150.000 visualizaciones.

Nuestra página web ha sido visitada desde gran parte de la geografía española y desde la gran mayoría de países de habla hispana. En este sentido, disponemos de un foro abierto de debate en el que el público puede plantear cuestiones abiertas acerca de cada una de las temáticas de las distintas ponencias.

"Encuentros con la Ciencia" ha editado, en edición impresa y digital, los libros I y II de “Encuentros con la Ciencia: del macrocosmos al microcosmos”. Los ejemplares se encuentran disponibles de forma gratuita en nuestra web, en formato digital.

Encuentros con la Ciencia II fue galardonado con el Premio de Divulgación Científica Ateneo de Málaga – Universidad de Málaga en su edición del 2010 en relación a la publicación del libro “Encuentros con la Ciencia II: del macrocosmos al microcosmos”. En 2017 recibió el Premio Savirón a la trayectoria en divulgación ex-aequo con el investigador Rafael Bachiller.

Encuentros con la Ciencia: agradecimientos y futuro

Queremos agradecer en primer lugar a todos aquellos investigadores de diferentes universidades y centros de investigación de toda España por su disposición a colaborar en este proyecto de comunicación científica y al profesorado de enseñanza media que ha trabajado los contenidos científicos con el alumnado. Agradecemos igualmente todo el apoyo recibido por entidades privadas como Ámbito Cultural de El Corte Inglés, Euronutra, Planeta Explora, el ilustre Colegio Oficial de Farmacéuticos de Málaga, sociedades científicas como la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular, la Fundación CIEDES y el Ayuntamiento de Málaga, los institutos de investigación IBIMA y IHSM-CSIC y a la propia Universidad de Málaga. La financiación obtenida a partir de las convocatorias de proyectos competitivos de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT, Ministerio de Economía y Competitividad), nos ha servido de estímulo para proponer nuevas acciones y nuevo público en cada edición.

Tener a un amplio sector de la sociedad, pendiente del ciclo año tras año, es una oportunidad que desde "Encuentros con la Ciencia" no queremos desaprovechar, para ampliar nuestra influencia en el proyecto común de potenciar la divulgación científica entre personas de cualquier edad, y favorecer el desarrollo de la vocación científica en nuestra población más joven. Con el cariño, la ilusión y la perseverancia de todas aquellas personas que dan sentido a nuestra razón de ser, desde "Encuentros con la Ciencia" cada año emprendemos un nuevo ciclo con energías renovadas y nuevas e innovadoras ideas.

9. Bibliografía

[1] Convent B. Europe and the crisis in scientific vocations. Eur J Educ 2005; 40(4): 361-366.

[2] VIII Encuesta de percepción social de la ciencia. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) 2017 (*www.fecyt.es*)

[3] Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (*http://www.boe.es/boe/dias/2011/06/02/*)

[4] Lecea de Arenas, Judith y Arenas, Miguel. ¿Qué es la comunicación científica? Editorial Palibrio, México 2016; pp 232.

[5] Peters, HP. Gap between sciencie and media revisited: Scientists as public communicators. Proc. Natl Acad Sci 2013; 110, 14102-14109

[6] Mendizábal, V.E. De la torre de marfil a la arena pública: El papel de los científicos en la comunicación de la ciencia y la tecnología, Communication papers 2018; 7-13

Apadrina la Ciencia, una asociación de científicos comprometidos con su profesión y con la sociedad

Carmen Simón
Centro Nacional de Biotecnología (CSIC) y Presidenta de la Asociación Apadrina la Ciencia

Resumen

Aunque el conocimiento es uno de los pilares sobre los que se ha construido el mundo en que vivimos, resulta sorprendente que la mayoría de los ciudadanos en nuestro país no sean conscientes de que los avances científicos y tecnológicos están en la base de nuestro bienestar y son el motor de la economía de un Estado. Una de las causas de esta desinformación es la falta de educación científica.

Quienes nos dedicamos a tareas de investigación tenemos la obligación de explicar en un lenguaje claro y accesible al público no especializado la trascendencia de los avances científicos para la sociedad. Los científicos tenemos el conocimiento y las capacidades para poder explicar en qué trabajamos y para qué sirve lo que investigamos. Que los ciudadanos entiendan las repercusiones de la investigación en su día a día, tendrá sin duda alguna un impacto positivo en el apoyo a la investigación dentro de los Presupuestos Generales del Estado. Otro aspecto positivo de la divulgación es el fomento de vocaciones científicas. En Europa son cada vez menos los estudiantes que deciden elegir carreras científicas y esta escasez de vocaciones compromete el bienestar de nuestra sociedad en el futuro.

Objetivos

"APADRINA LA CIENCIA" es una asociación constituida en 2014, promovida por un grupo de científicos del Centro Nacional de Biotecnología (CSIC) para fomentar la investigación en nuestro país y apoyada por más de 250 científicos de todas las áreas del conocimiento y de organismos de investigación públicos y privados nacionales e internacionales. Pensamos que para cambiar la situación de la Ciencia en España, además de las reivindicaciones, también debemos actuar con iniciativas y propuestas que acerquen la Ciencia a la sociedad. Aunque los científicos sean una de las profesiones mejor valoradas, los ciudadanos no perciben que los recursos que se dedican a la investigación son siempre una inversión que revierte en bienestar y riqueza económica para un Estado.

1. La divulgación científica para promover vocaciones científicas

Uno de los objetivos de "APADRINA LA CIENCIA" es potenciar la divulgación científica entre los más jóvenes para fomentar las vocaciones científicas, desmitificando nuestra profesión y explicando cómo es el trabajo de un científico. El interés por la investigación en general ha disminuido y es particularmente preocupante en Europa la reducción en el número de jóvenes que deciden estudiar carreras STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) que son precisamente los perfiles más necesarios en nuestros días y para el futuro.

En este sentido desde "APADRINA LA CIENCIA" impartimos charlas divulgativas para escolares en colegios e institutos de educación primaria y secundaria. En ferias y talleres de ocio organizamos actividades científicas en las que científicos voluntarios explican a niños y jóvenes conceptos científicos de manera fácil y divertida, les acercan al método científico y les enseñan la Ciencia que hay detrás de todo lo que nos rodea. Hemos participado en las últimas cuatro ediciones de Juvenalia, la principal feria de ocio infantil y juvenil que se celebra en Ifema (Madrid) en diciembre, en las que cada año más de 3.000 niños han disfrutado haciendo experimentos, manipulando y observando. El impacto en los adultos que acompañan a los niños a nuestro stand en la Plaza de la Ciencia también es fundamental porque conocen de cerca la relevancia del trabajo de los científicos. Estamos especialmente preocupados por reivindicar el papel de las mujeres en la Ciencia para rescatar del olvido a muchas científicas y para atraer a las jóvenes hacia carreras científico-técnicas. Participamos en eventos organizados en Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia, en foros de discusión “Mujer y Ciencia” y próximamente editaremos un libro de divulgación para niños en el que las protagonistas son mujeres investigadoras españolas.

Recientemente hemos unido nuestros esfuerzos con voluntarios de la Dirección de Facturación de Telefónica para participar en el "reto solidario" propuesto por la Fundación Telefónica para escribir un libro de divulgación titulado ***Todos somos científicos***. Se trata de un libro con once capítulos en los que se proponen experimentos para realizar en familia y donde se explica la ciencia que está detrás de cada uno de ellos. APADRINA LA CIENCIA ha propuesto los experimentos, seleccionado los científicos encargados y liderado el proyecto. Cada capítulo ha sido escrito por voluntarios de Telefónica y ha estado supervisado y dirigido por científicos de distintas áreas del conocimiento e instituciones de investigación. Esperamos que los lectores de este libro aprendan mientras se divierten y tenemos la seguridad de que algunos de los niños y jóvenes que se acerquen a hacer los experimentos que proponemos acabarán por encontrar su vocación científica. Además, se trata de un libro solidario porque todos los beneficios de su venta irán destinados a proyectos de investigación.

2. La divulgación científica para que los ciudadanos estén bien informados

Un aspecto que consideramos fundamental es la presencia en medios de comunicación y redes sociales para acercar los resultados científicos a los ciudadanos y mostrar que la Ciencia tiene la capacidad de explicar el mundo que nos rodea y que nos ayuda a mejorar nuestra sociedad. Además, el conocimiento basado en evidencias científicas posibilita a los ciudadanos crearse una opinión crítica que permite la toma de decisiones informadas y alejan al ciudadano de defensores de pseudociencias que pueden tener consecuencias muy graves.

Estamos especialmente preocupados por resaltar la necesidad y la importancia de la denominada Ciencia básica. La Historia demuestra con insistencia que todos los avances científicos acaban tarde o temprano siendo aplicados y generando riqueza. Así mismo, insistimos en el apoyo a todas las áreas del conocimiento porque aunque hay disciplinas cuyo impacto en nuestro bienestar resulta más evidente (salud, comunicaciones o medio ambiente), no podemos descuidar la investigación en Humanidades o Ciencias Sociales. Conocer el pasado es fundamental para no cometer los mismos errores y encontrar inspiración para nuevas ideas de futuro, además de conseguir una sociedad más justa.

Además de numerosas entrevistas puntuales en distintos programas de radios nacionales y regionales acerca de nuestro proyecto y actividades, colaboramos de manera periódica con el programa de RNE1 "España Vuelta y Vuelta" para tratar temas científicos de forma divulgativa. También hemos intervenido en el programa de televisión de La Sexta titulado "I+D: Indignación más destierro" (La sexta columna) y hemos colaborado en la elaboración del programa de La Sexta "El destino de la humanidad" (Enviado especial). Además, nos han invitado a impartir una charla TEDx Barcelona titulada ¿Nos estamos olvidando de la Ciencia? donde expusimos la necesidad de apoyar la investigación (https://www.youtube.com/watch?v=8CpDaNP-dkM).

3. La captación de recursos para apoyar carreras científicas y proyectos de investigación

Otro de los objetivos de "APADRINA LA CIENCIA" es la captación de recursos para la investigación. Consideramos que las Administraciones Públicas deberían apostar firmemente por la investigación aumentando el presupuesto dedicado a la Ciencia hasta alcanzar los niveles de los países más desarrollados. En el caso de las aportaciones procedentes de la responsabilidad social corporativa la mayoría van destinadas a fines sociales o ayuda al desarrollo en países desfavorecidos, lamentablemente en muy pocos casos se pone el foco en proyectos científicos. En cuanto al mecenazgo, la filantropía o el patrocinio de la Ciencia en nuestro país supone aproximadamente solo un 0.6% de la inversión total dedicada a la Ciencia mientras que en otros países alcanza hasta un 5%.

Puestos a ser optimistas, una buena noticia es el cambio de la definición de mecenazgo de la RAE que ahora incluye también la protección y ayuda a las actividades científicas. Aunque ésto representa claramente un cambio de percepción, aún queda un largo camino para lograr que particulares, empresas o grandes fortunas incluyan también entre sus objetivos el apoyo a la investigación científica.

El modelo de "APADRINA LA CIENCIA" es recaudar fondos para realizar convocatorias para contratos o proyectos de investigación. Ofrecemos ayudas en todos los ámbitos de la investigación y dependiendo de los fondos obtenidos, de las preferencias de los donantes o las colaboraciones con empresas, definimos las áreas en cada convocatoria. Una de las prioridades de Apadrina la Ciencia es la transparencia y el rigor. No se trata solo de controlar el uso correcto de los recursos, que también, sino de que el destino de los recursos no se decida en base a modas, intereses o argumentos espurios. Por ello las convocatorias que hacemos desde Apadrina la Ciencia son públicas y los proyectos beneficiarios se deciden a través de comités formados por científicos con contrastada experiencia que también se hacen públicos después del fallo.

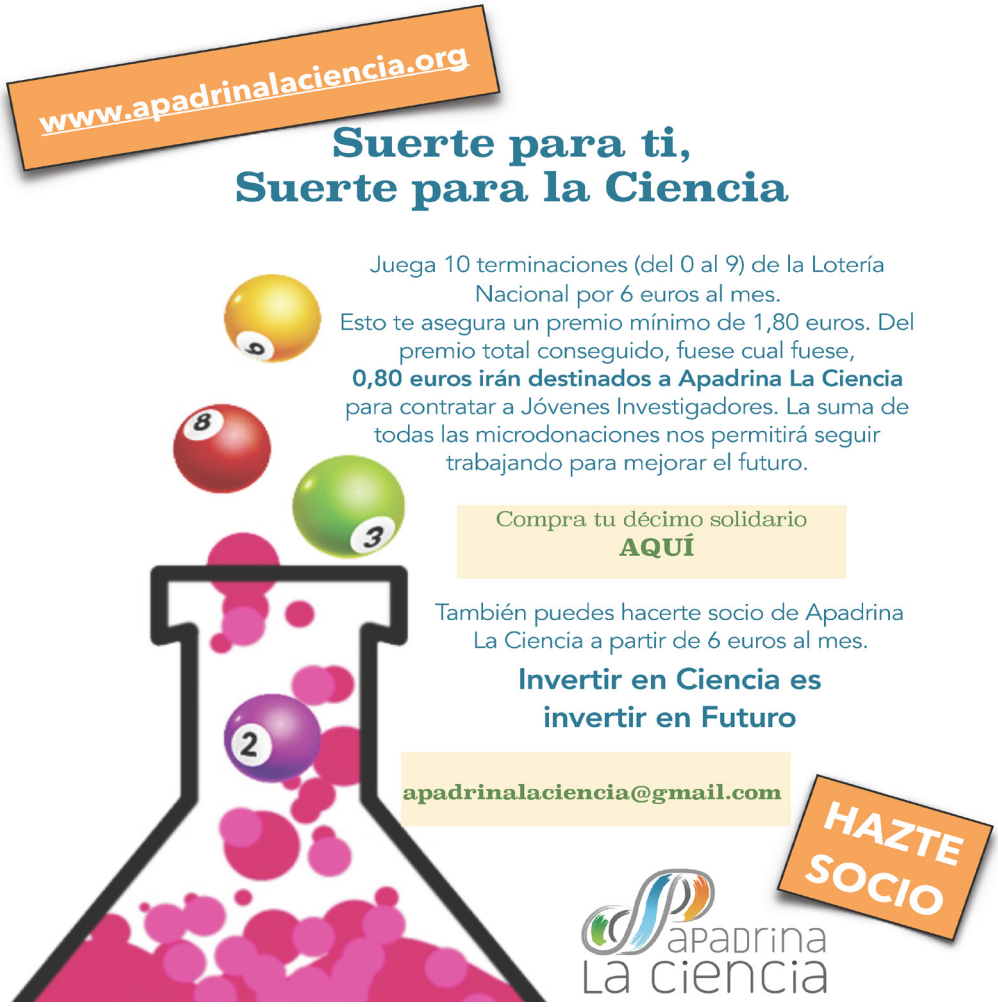
Desde "APADRINA LA CIENCIA" ofrecemos muchas posibilidades para las personas interesadas en colaborar con nosotros. Desde aportaciones periódicas o puntuales hasta donaciones en mercadillos y ferias solidarias en las que participamos. Por otro lado, gracias a la generosidad de artistas y compañías de teatro hemos organizado eventos culturales solidarios dentro del programa **ConCienciArte**, en los que la recaudación ha ido íntegramente a nuestra Asociación. Otra posibilidad que ofrece "APADRINA LA CIENCIA" son los legados, herencias o donaciones especiales para acciones concretas. En este sentido, ha sido especialmente satisfactorio el I Premio de tesis doctoral que se ha podido otorgar gracias a la donación de un niño, Miguel, que cedió el importe de sus regalos de primera comunión para dotar el premio a la mejor tesis doctoral en cáncer infantil.

Una de las actividades a la que estamos dedicando un gran esfuerzo con la ayuda de Loterías Solidarias del Mundo, es a la Lotería Nacional para captar fondos. El uso de este tipo de acciones como fuente de financiación de proyectos sociales, educativos, culturales y científicos está bien implementada en otros países y estamos trabajando para que también funcione en España. Por ejemplo, la Lotería Nacional en el Reino unido destinó en 2016 más de 1.600 millones de libras (unos 2.000 millones de euros) de la recaudación a proyectos educativos, sociales y artísticos. Con este tipo de acciones los ciudadanos se interesan por los proyectos científicos, conocen los objetivos que persiguen y se implican en su financiación.

Recientemente hemos conseguido un logro importante gracias a la colaboración con Ford España. Hemos recibido una ayuda del programa educativo de la “Ford Motor Company Fund” que nos ha permitido lanzar la I Convocatoria Ford-"APADRINA LA CIENCIA" de contratos para jóvenes investigadores dirigida a investigadores que se encontraban en su última etapa de tesis doctoral. Ahora dos investigadoras, Ellen Cotrina del Instituto de Química Avanzada de Cataluña (CSIC) y Rebeca Martínez del Instituto de Tecnología Química de la Universidad Politécnica de Valencia, están acabando sus proyectos para defender su tesis doctoral. Este es un buen ejemplo de que hay actuaciones en las que con poco esfuerzo económico se pueden obtener un gran retorno. Por ejemplo, en las etapas finales del doctorado, si un joven investigador bien formado se queda sin financiación, el proyecto puede quedar inacabado y la carrera profesional del investigador puede interrumpirse de manera irreversible.

No queremos dejar de pasar esta ocasión para pedir tu colaboración y que te unas a nuestra Asociación desde donde buscaremos sinergias con otras organizaciones, instituciones y empresas privadas. Todo nuestro esfuerzo va encaminado a que la sociedad entienda que el futuro pasa por un modelo productivo que apueste por una fuerte y decidida inversión en Ciencia. Si unimos esfuerzos podremos cambiar nuestra sociedad para que la Ciencia ocupe el lugar central y destacado que merece.

Toda la información de nuestras actividades se pueden encontrar en nuestra página web *www.apadrinalaciencia.org* y en nuestras redes sociales Twitter @apadrinaciencia y Facebook Apadrina la Ciencia. También disponemos del canal de YouTube "CoolCiencia".



Química e Ingenieria Verde & Laboratorios Online: una estrategia creativa de enseñanza

Green Chemistry and Engineering & Online Labs: a creative teaching strategy

Vanesa Calvino Casilda*, Elio Sancristobal*, Eugenio Muñoz Camacho, Félix García Loro y Manuel Castro Gil

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Control, Telemática y Química Aplicada a la Ingeniería, ETS de Ingenieros Industriales
** corresponding author: vcalvino@ieec.uned.es; elio@ieec.uned.es*

Abstract

In the teaching of scientific and technological disciplines, the realization of experimental works with laboratories and real plants is crucial to strengthen the theoretical concepts acquired in the classroom. However, because of the lack of availability of real laboratories in some cases, or the lack thereof in the blended and distance education, a series of gaps in their learning have been imposed. Nevertheless, the development of ICTs has been a very important advance, since they can be used as a tool to "catalyze" access to these experimental tasks. In addition, it is of great importance that both students and society in general learn to work promoting sustainable development. The teaching of Green Chemistry and Engineering must be implemented so that society learns to care for the environment and human health.

Resumen

En la enseñanza de disciplinas científicas y tecnológicas la realización de trabajos experimentales con laboratorios y plantas reales resulta crucial para afianzar los conceptos teóricos aprendidos en el aula. Sin embargo, como consecuencia de la falta de disponibilidad de laboratorios reales en algunos casos, o la escasez de los mismos en la enseñanza semipresencial y a distancia, se han impuesto una serie de carencias en su aprendizaje. No obstante, el desarrollo de las TICs ha supuesto un avance muy importante, ya que pueden ser empleadas como herramienta para "catalizar" el acceso a dichas tareas experimentales. Además, resulta de gran importancia que tanto los estudiantes como la sociedad en general aprendan a trabajar fomentando el desarrollo sostenible. La enseñanza de la Química y la Ingeniería Verde debe ser implementada para que la sociedad aprenda a cuidar el medio ambiente y la salud humana.

1. Laboratorios online

La evolución de las comunicaciones, de los dispositivos electrónicos y de los lenguajes de programación ha dado lugar a nuevas herramientas de aprendizaje que, a su vez, han potenciado metodologías de aprendizaje como el aprendizaje semipresencial (b-learning) o el aprendizaje a distancia (e-learning). Estas herramientas de aprendizaje han intentado complementar las ya existentes, como libros, laboratorios tradicionales, etc.

Uno de los aspectos claves en el aprendizaje de la química es la experimentación. Hasta hace unos años, estos experimentos solo se podían hacer en habitaciones, laboratorios, que disponían de la instrumentación adecuada para realizar dichos experimentos. Posteriormente la evolución de los PCs y de los lenguajes de aprendizaje permitió el diseño de aplicaciones que permitían al estudiante o investigador simular o crear experimentos virtuales. Otro paso más fue la evolución en las comunicaciones y el uso de medios de comunicación más rápidos que ha permitido el uso de lo que se conoce como laboratorios online. Estos laboratorios pueden dividirse en:

- Laboratorios virtuales en línea. Son programas software que permiten al estudiante o investigador realizar experimentos desde un ordenador o dispositivo móvil, como tabletas o móviles. Estos experimentos se pueden realizar en cualquier momento y cualquier lugar a través de la red. Actualmente podemos encontrar un gran número de ellos en la Web [1-3], figura 1.

- Laboratorios remotos en línea son programas software pero que son capaces de manejar instrumentación real, figura 2. Al igual que los laboratorios virtuales pueden ser manejados desde un PC o dispositivo móvil en cualquier lugar y a cualquier hora. Aunque para ello, deben tenerse en cuenta restricciones como que no es posible que varios usuarios trabajen al mismo tiempo con el programa, evitar movimientos o acciones que puedan dañar las instrumentación real, etc.

Actualmente, es posible encontrar un gran número de laboratorios remotos en electrónica, física, energías renovables o robóticas [4-5]. Sin embargo encontrar diseños e implementaciones en química es bastante complicado debido a restricciones, como:

- Volver al estado inicial. Es decir cuando un alumno acaba y va acceder otro, la instrumentación y recursos deben de estar preparados. En el caso de algunos laboratorios de química esto es muy difícil de conseguir.
- Automatizar acciones remotas que son complicadas como mezclas de fluidos, etc.

- Sentidos como el olfato no pueden ser detectados, todavía de forma remota.
- Aún con estas restricciones es posible seleccionar procesos químicos que puedan automatizarse y realizarse de forma remota.

Hoy en día se están considerando y empezando a usar nuevos tipos de laboratorios. Uno de los más conocidos son los laboratorios de bolsillo. Estos laboratorios son pequeños kits de materias primas, sensores, actuadores y controladores que facilitan al alumno realizar experimentación desde casa. Un claro ejemplo puede ser un kit que permita al alumno medir el PH de diferentes fluidos, para ello sería necesario:

1. Un micro controlador como arduino, o un micro controlador como una raspberry pi.
2. Un vaso de precipitados.

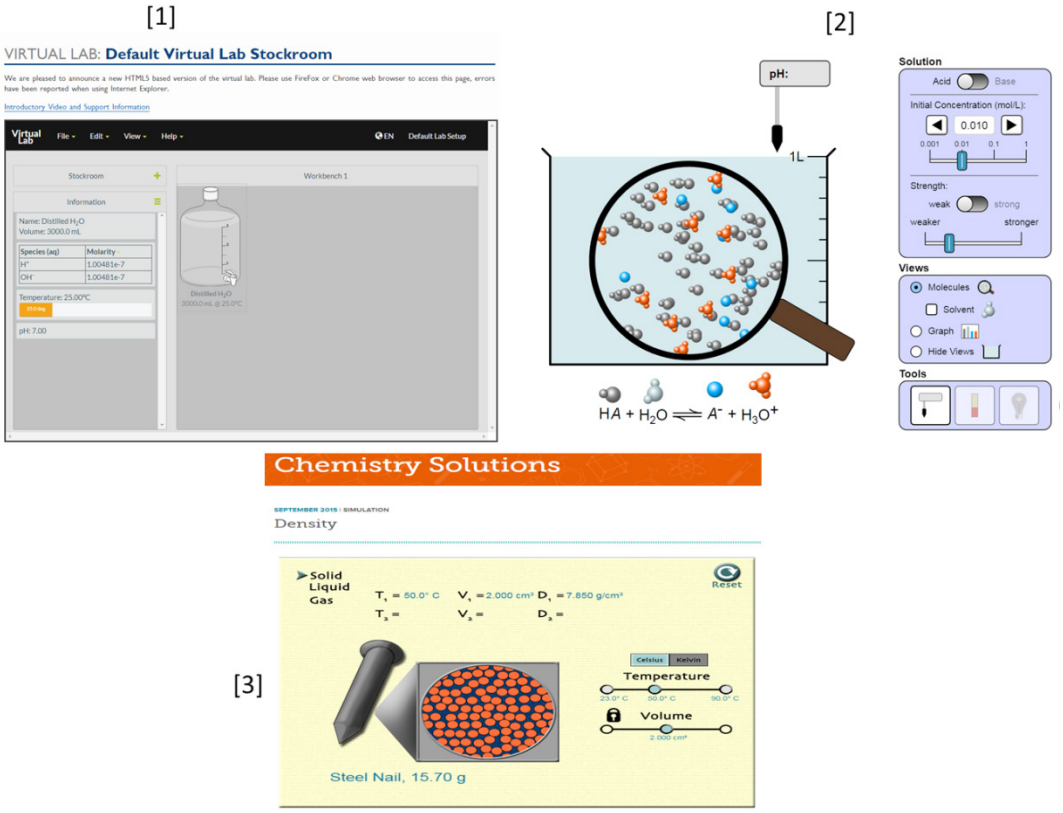


Figura 1. Ejemplos de laboratorios virtuales en línea de química.

Figure 1. Examples of virtual labs of chemistry

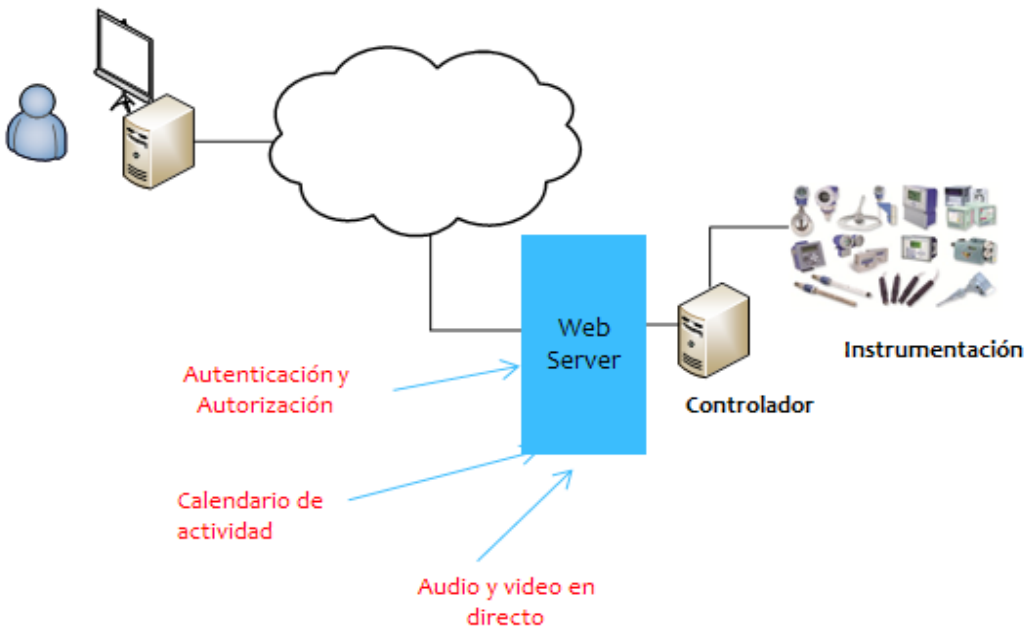


Figura 2. Arquitectura de laboratorios remotos en línea de química

Figure 2. Architecture of remote labs of chemistry

2. La Química Verde en el sistema educativo

En la primera década del siglo XXI se despertó el interés por la educación para el desarrollo sostenible con el fin de incorporar en los sistemas educativos contenidos relacionados con el desarrollo sostenible en los ámbitos de medio ambiente, sociedad y economía [6]. Son muy variados los temas sobre desarrollo sostenible sobre los que se pueden trabajar; cambio climático, reducción de pobreza, protección de la tierra y de la salud, pérdida de biodiversidad, etc. Para tratar todos estos temas, las organizaciones, gobiernos y comunidades deben marcar unos objetivos y plantear propuestas al respecto con el fin de conseguirlos. Al fin y al cabo, la responsabilidad de lograr un futuro que sea más sostenible recae sobre todos y cada uno de nosotros.

Una de las herramientas para trabajar en temas para desarrollo sostenible en el ámbito de la química y la ingeniería, es la denominada Química Verde (QV) e Ingeniería Verde (IV). Desde que en los años noventa Anastas y Warner definieran los 12 principios de la QV (Tabla 1) y, en los años dos mil, Anastas y Zimmerman definieran los 12 principios de la IV (Tabla 2) [7,8], las investigaciones realizadas en universidades, centros de investigación y otras instituciones han estado centradas en aplicar esta serie de principios con el fin de conseguir un desarrollo sostenible. En el caso de la QV su finalidad es reducir o eliminar la generación de sustancias peligrosas durante el diseño, manufactura y aplicación de productos químicos. Se trata de prevenir la contaminación a nivel molecular, la QV es una pieza fundamental para fomentar una economía sostenible. En el caso de la IV, se trata de diseñar, comercializar y emplear nuevos productos y procesos que sean factibles y económicos, reduciendo la generación de la contaminación desde el origen y minimizando el riesgo para la salud humana y el medio ambiente intentando que sea tanto energética como económicamente viable. La IV trata de realizar los procesos de la QV a gran escala, conectando industria y medio ambiente.

En el ámbito académico son numerosas las publicaciones que se han elaborado con la finalidad de lograr un acercamiento de la QV al sistema educativo [9-13]. Cuando un estudiante inicia su aprendizaje en el aula en el ámbito de la química, resulta de gran importancia que conozca los principios de la QV y la IV y que sea capaz de aplicarlos de forma constructiva en la vida cotidiana. El docente puede proponer distintos ejemplos relacionados con industrias, laboratorios, etc., para que el estudiante identifique cuál es el tema a tratar y cómo puede hacerlo para lograr un desarrollo sostenible. Lo primero de todo es que el docente motive al estudiante, despierte su interés por la QV y la IV, y conozca el grado de conocimiento que tiene el estudiante sobre ese tema. Una vez realizada la primera toma de contacto, el estudiante comenzará a indagar más sobre el tema de la QV y la IV: orígenes de la QV y la IV, definición conceptual, principios de la QV y la IV, ámbitos de aplicación, etc. El estudiante tendrá que reflexionar sobre cómo cuidar y preservar su entorno y, sobre todo, hay que dejarle claro que la QV y la IV trabaja sobre el concepto de "prevención" de la contaminación y no sobre su "remoción". Una vez que el estudiante se haya introducido en el ámbito de la QV y la IV, se le podrán plantear otros problemas y diseñar "soluciones verdes" con el fin de consolidar y poner en práctica los conocimientos adquiridos.

Principios de la Química Verde	
1º	Prevenir la producción de residuos
2º	Fomentar la economía atómica: Evitar la formación de subproductos
3º	Generar productos de nula o mínima toxicidad
4º	Mejorar la eficacia de los productos obtenidos
5º	Evitar el empleo de sustancias auxiliares (disolventes, reactivos auxiliares, etc.)
6º	Reducir el consumo energético
7º	Utilizar materias primas renovables
8º	Evitar la derivatización
9º	Potenciar la catálisis
10º	Generar productos que sean biodegradables
11º	Fomentar el uso de metodologías analíticas de monitorización en tiempo real
12º	Reducir el riesgo de accidentes químicos

Tabla 1. Los 12 principios de la Química Verde [7]
Table 1. The 12 principles of Green Chemistry [7]

Principios de la Ingeniería Verde	
1º	Emplear entradas y salidas de materiales y energía que sean esencialmente inocuas
2º	Prevenir la contaminación en lugar de tratarla posteriormente
3º	Diseñar la separación y purificación de las operaciones con el fin de reducir el consumo energético y de materiales
4º	Maximizar la eficiencia energética, en el empleo de materiales y en el espacio utilizado
5º	Promover la producción bajo demanda
6º	Recapacitar en la reutilización o reciclado de un determinado material antes de ser desechado
7º	Durabilidad en los nuevos diseños
8º	Evitar los excesos, cumplir sólo con las necesidades
9º	Minimizar la diversidad de materiales
10º	Fomentar los procesos con ciclos de materia y energía cerrados
11º	Diseñar con el fin de que sus componentes puedan ser reutilizados
12º	Promover el empleo de energía y materiales renovables

Tabla 2. Los 12 principios de la Ingeniería Verde [7]
Table 2. The 12 principles of Green Engineering [7]

3. Química e Ingeniería Verde & Laboratorios online: una herramienta de enseñanza-aprendizaje con futuro

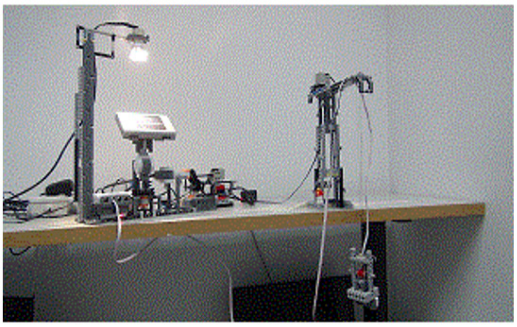
En la última década se ha despertado un gran interés por la utilización y el desarrollo de laboratorios online gracias a la posibilidad de poder incentivar al alumno en el aprendizaje de las ciencias y la ingeniería, acercando a las aulas laboratorios con experiencias reales o simuladas. Se trata de una herramienta con un gran futuro sobre todo en la educación semipresencial y a distancia y, también, en aquellos casos en los que no es posible disponer de un laboratorio presencial por problemas de falta de espacio, personal, etc.

El empleo de laboratorios online que permita acercar la Química e Ingeniería Verde a las aulas es una herramienta de enseñanza-aprendizaje muy útil para que el alumno despierte su interés y conozca de primera mano temas relacionados con el desarrollo sostenible. En las últimas décadas, se han desarrollado gran variedad de laboratorios online de química e ingeniería con la finalidad de que los estudiantes puedan a través de un entorno virtual vivir activamente experiencias que simulen la realidad de un laboratorio presencial o una planta industrial, tomar decisiones y ver de primera mano las consecuencias resultantes de su trabajo experimental. Sin embargo, son escasos aún los trabajos de laboratorios online que tratan de conseguir un acercamiento de la Química e Ingeniería Verde al sistema educativo y es por ello que resulta de gran interés trabajar al respecto. Entre estos escasos trabajos se encuentra el reportado por Bolea y Grau que han desarrollado un laboratorio "Verde" remoto para elaborar experimentos en el área de "control de procesos químicos" de interés para los estudiantes del grado en Ingeniería Química en la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) [14]. Su finalidad era conseguir dos objetivos, por un lado que los estudiantes ahorraran tiempo y dinero y en segundo lugar incorporar en el currículo una competencia transversal como es la "sostenibilidad". Mediante el manejo de este tipo de laboratorios remotos, los estudiantes adquieren conocimientos básicos y habilidades relacionadas con sistemas de control químico (modelado y diseño de control), experimentan situaciones reales que se pueden encontrar en su vida profesional tomando en consideración la sostenibilidad, la economía y la eficiencia. Además, los estudiantes parecen tener un mayor entusiasmo cuando se trata de experimentar con vivencias que simulan la realidad. Otros trabajos sobre laboratorios remotos que han tratado de implementar los principios de la QV y la IV para el control de procesos industriales son también los realizados por Hassan y colaboradores [15].

Más recientemente, Kyomugisha y colaboradores han trabajado en el desarrollo e implementación de un laboratorio solar fotovoltaico remoto empleando una plataforma del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) iLabs Shared Arquitectura (ISA) [16]. Para el diseño de este laboratorio se empleó un simulador solar que proporciona una irradiación similar a la que emite el sol, para irradiar de forma constante un panel solar. La adquisición de datos sobre la corriente y los valores de voltaje del panel solar se registran a través de un laboratorio virtual (National Instruments Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite). La interfaz de usuario para el laboratorio solar fotovoltaico es un Instrumento Virtual de LabVIEW (VI), en el cual los controles interactivos para el simulador solar están expuestos. Se visualizan también por video gráficos con los datos de la variación de la irradiancia y el ángulo de incidencia con el panel solar. De esta forma, los estudiantes del departamento de la Facultad de Ingeniería, Diseño, Arte y Tecnología de la Universidad de MaKerere en Uganda han podido conocer de primera mano cómo funciona un panel solar fotovoltaico. La energía eléctrica generada a través de estos paneles no contamina y, además, es una fuente energética inagotable, por lo que favorece el desarrollo sostenible. Otro ejemplo de uso de energías renovables y laboratorios remotos para estudiantes de entre 9 y 16 años son los trabajos realizados por el departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Control, Telemática y Química Aplicada a la Ingeniería de la UNED donde los alumnos pueden ver como la energía solar y eólica es almacenada en una batería y como está energía es utilizada para mover un peso de una grúa o dar vueltas a una noria, figura 3 [17-18].

Se puede decir que los laboratorios online son "catalizadores" con un gran futuro ya que pueden aportar mejoras en el sistema educativo en contenidos sobre el desarrollo sostenible en áreas como la química y la ingeniería.

Solar Lego Remote Lab



Windmill Lego Remote Lab

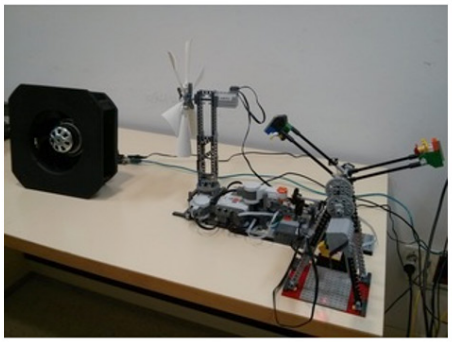


Figura 3. Laboratorios remotos de energías renovables en la ETS de Ingenieros Industriales (UNED).

Figure 3. Remote labs in renewable energy at the School of Engineering (UNED).

4. Bibliografía

[1] VIRTUAL LAB: Default Virtual Lab Stockroom, http://www.chemcollective.org/vlab/vlab.php última consulta 8 de Mayo 2018

[2] Acid-Base Solutions https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html última consulta 8 de Mayo 2018

[3] Chemistry Solutions https://teachchemistry.org/periodical/issues/september-2015/density última consulta 8 de Mayo 2018

[4] García-Zubia J, Orduña P, López-de-Ipiña D, Alves GR. Addressing Software Impact in the Design of Remote Laboratories. IEEE Transactions on Industrial Electronics 2009; 56 (12): 4757–4767.

[5] Tawfik M, Sancristobal E, Martín S, Díaz G, Peire J , Castro M. Expanding the Boundaries of the Classroom. Implementation of Remote Laboratories for Industrial Electronies Disciplines. IEEE Industrial Electronics Magazine 2013; 7(1): 41-49.

[6] ONU. 2012. Libro de consulta sobre la educación para el desarrollo sostenible. Sector educación de la UNESCO.

[7] Anastas PT, Warner J. Green Chemistry: Theory and Practice. New York: Oxford University Press. 1998.

[8] Anastas PT, Zimmerman JB. Design through the Twelve Principles of Green Engineering. Env Sci and Tech. 2003; 37(5): 94A-101A.

[9] Altava-Benito B, Burguete-Azcárate MI, Luis-Lafuente SV. Educación cooperativa en Química Verde: La experiencia española. Educ quím. 2013; 24: 132-138.

[10] Doria-Serrano MC. Química Verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. Educ quím. 2009; 20(4): 412-420.

[11] Mestres R. Química Sostenible: Naturaleza, fines y ámbito. Educ quím. 2013; 24: 103-112.

[12] Summertone L, Hunt A, Clark J. Green Chemistry for Postgraduates. Educ quím. 2013; 24: 150-155.

[13] Doria-Serrano, M. C., Miranda Ruvalcaba R., Química Verde: un tema de presente y futuro para la educación de la química, Educ. quím., 24, 94-95, 2013

[14] Bolea Y, Grau A. “Green” Remote Laboratory for Chemical Engineering Degree: A New Paradigm for Training. 41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, October 12 - 15, 2011, Rapid City, SD.

[15] Hassan H, Domínguez C, Martínez JM, Albaladejo J. Remote Laboratory Architecture for the Validation of Industrial Control Applications. IEEE Trans on Ind. Electronics. 2007; 54(6): 3094-3102.

[16] Kyomugisha R, Bomugisha D, Mwikirize C. A Remote Solar Photovoltaic Laboratory based on the iLabs Shared Architecture (ISA). 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 25-28 February 2015, Bangkok, Thailand.

[17] Solar remote lab in learning scenarios *https://www.golabz.eu/lab/solar-lab* última consulta 12 Mayo 2018.

[18] Windmill remote lab in learning scenarios *https://www.golabz.eu/ils/lego-windmill-lab* **última** consulta 12 Mayo 2018.

Como montar y desmontar una pseudociencia y otras actividades de la Semana de la Ciencia y la Tecnología de un instituto de secundaria

Rafael Castillejo

Profesor de Física y Química, IES Sierra de Mijas

¿Por qué organizamos la Semana de la Ciencia y la Tecnología? Nos mueve la necesidad de divulgar los conceptos científicos-tecnológicos de nuestra sociedad. Para ello buscamos actividades motivadoras fuera del aula que consigan despertar la curiosidad de conocer: reflexionar, proponer, experimentar, comprobar…

Consideramos que es un tiempo para ver a la Ciencia y a la Tecnología desde una perspectiva distinta a la que habitualmente se muestra en nuestra actividad docente. Queremos que se perciba como algo cercano, útil, necesario y bello. Quizás sean momentos para despertar vocaciones…

TIPOS DE ACTIVIDADES:

1. **Conferencias.** En cada edición de nuestra SCT hacemos uso del "Programa de Divulgación Científica de la Universidad de Málaga para Centros de Enseñanza y Centros Culturales de la provincia de Málaga". La UMA suministra un listado con más de 100 conferencias que profesorado de la Universidad imparte de forma gratuita en los centros que lo soliciten. Es un magnífico recurso de divulgación que nosotros aprovechamos. Las de este año han sido: "Es posible viajar en el tiempo" por D. José J. Arenas Ferrer, "La magia de las matemáticas" por D. Nancho Álvarez González y "El futuro es de tamaño nano: nanotecnología y miniaturización de dispositivos químicos" por Dña. Olga M. Guerrero Pérez.

2. **Museo Itinerante Principia**. El Centro de Ciencia "Principia" es el museo de ciencias de Málaga. Fue creado por un grupo de profesores de secundaria del área de ciencias y su principal característica es que es un centro interactivo para favorecer la divulgación científica y tecnológica. Tiene unos 30 módulos experimentales que ceden temporalmente a los centros educativos que lo soliciten. Este año hemos contado con 20 experimentos. Un grupo de alumnos de 4º de ESO del itinerario de ciencias ha hecho de monitores para explicarles esos módulos a los siete grupos de alumnos de 1º de ESO de nuestro centro. Los experimentos se instalaron en dos espacios: el laboratorio de Física y el de Química. La clase de alumnos de 1º de ESO se dividía en dos subgrupos y cada uno visitaba uno de los dos laboratorios, para cambiar de espacio a la media hora.

3. **Exposiciones y proyecciones**

- Proyección de vídeos de los experimentos caseros. Los departamentos de Física-Química y Biología-Geología tiene en su programación utilizar como instrumento de evaluación del alumnado un experimento trimestral. Este se realiza de forma grupal en horario extraescolar. Cada grupo de cuatro alumnos elige uno entre los experimentos caseros propuestos por el profesor para ese trimestre. Se trata de que el grupo realice el experimento y lo grabe. Una vez editado el vídeo se envía por email al profesor. Una de las actividades de la SCT es la proyección de estos vídeos en el hall del instituto de forma continua desde el lunes hasta el viernes durante todo el horario escolar.
- Exposición de maquetas de los departamentos de Física-Química, Biología-Geología y Tecnología. Se instalaron unas mesas en el jardín que hay dentro del edificio del instituto para servir de soportes a las maquetas que el alumnado presentó: modelos atómicos, tablas periódicas, modelos de células, proyectos de norias…Estas maquetas se vieron por todo el personal del instituto durante toda la semana por estar en una zona de paso.
- Exposición de cristales. La Fundación Andaluza para la Divulgación de la Innovación y el Conocimiento (DESCUBRE) nos ha cedido gratuitamente la exposición "Cristales: un mundo por descubrir", producida por la Fundación Descubre y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Dicha exposición está compuesta por 14 carteles de 100 x 70 cm, impresos en aluminio compuesto y preparados para colgar en la pared. Estos carteles se expusieron durante toda la semana en el hall del instituto.

4. Otras actividades

- Taller de cristalografía. La Fundación Andaluza para la Divulgación de la Innovación y el Conocimiento (DESCUBRE) realizó un taller sobre la formación de cristales en el laboratorio de nuestro instituto.
- Juegos de ingenio en el aula. El departamento de Matemáticas organizó una serie de actividades a desarrollar con los grupos de alumnos en el aula.
- Actividades en torno al 200º aniversario de Frankenstein. El Equipo de Biblioteca del centro organizó esta actividad por la importancia literaria del personaje de Frankenstein y su relación con la ciencia.
- El problema de Monty Hall. El problema de Monty Hall es un problema matemático de probabilidad basado en el concurso televisivo estadounidense "Hagamos un trato". El problema fue bautizado con el nombre del presentador de dicho concurso: Monty Hall.
- Revista "Entérate". Revista de tirada anual cuya temática es la SCT de nuestro instituto y coordinada por una profesora del departamento de Lengua Castellana y Literatura.
- Exhibición de vídeos sobre "Mujeres Científicas" actividad realizada dentro del "Plan de igualdad entre hombres y mujeres en la educación".
- Gymkana Científica "Encuentra tu árbol". Actividad coordinada por el profesorado del Departamento de Biología-Geología y Educación Física que forman parte del programa "Aldea, educación ambiental para la comunidad educativa".
- Cine Fórum sobre la película "Her". Actividad dirigida por el Departamento de Filosofía donde se reflexiona sobre la relación entre la Ciencia, la Tecnología y la Ética.
- Torneo de ajedrez. Los participantes son alumnos de nuestro centro y de un instituto de Málaga capital.

5. Estands de juegos, experimentos y exposiciones. Durante dos mañanas completas de nuestra SCT se instalan una serie de estands en unos de los patios del instituto. En cada uno de estos puestos hay un grupo de alumnos que son los responsables de todo lo relacionado con el buen funcionamiento del mismo: deben montar y desmontar, explicar el funcionamiento de la/s experiencia/s que llevan y solucionar cualquier imprevisto que surja.

Estos estands surgen de la propuesta del profesorado del Área de Ciencias y Tecnología a sus alumnos, aunque a veces la iniciativa surge del propio alumnado. Desde principio del segundo trimestre se van concretando los experimentos, el material necesario y se va formando a los alumnos participantes, para que sean lo más autónomos posible en los días de exposición. Nuestra jornada escolar consta de seis horas, durante la primera hora se colocan los puestos y en la última se recogen. En cada una de las cuatro horas restantes van pasando por los estands de tres a cuatro grupos de alumnos (90-120 alumnos). Los alumnos se paran en el puesto que quieran y permanecen el tiempo que consideren oportuno. No existe un itinerario a seguir, la libertad de movimiento es total. Cuando ha trascurrido una hora, coincidiendo con el cambio de clase, se desaloja de público la zona y se prepara la recepción de la siguiente tanda de grupos. En la edición de este año, el segundo día tuvimos que montar los puestos en el gimnasio ante la previsión de lluvias. El cambio de ubicación ha tenido inconvenientes (el nivel de ruido era alto dentro del gimnasio) y ventajas (mayor control sobre el alumnado y mejores condiciones frente a las inclemencias meteorológicas como el viento, el sol o la lluvia). Todo el alumnado del instituto pasa por los estands.

Esta actividad es la “joya de la corona” de la SCT. Los nombres de los estands de este año son:

“Juegos de ingenio y lógica”	“Experimentos de óptica (reflexión, espejismo, cámara oscura…)”	“Métodos anticonceptivos”
“Juegos mentales”	“Reacciones químicas (airbag casero, volcán, perfume…)”	“ADN e ingeniería genética”
“Proyectos de tecnología”	“Densidad (columna de densidades, diablillo de Descartes…)”	“Mundo microscópico”
“Impresora 3D”	“Magnetismo (electroimán, brújula casera, bola de Tesla…)”	“Digestivo y dietas”
“Arduino”	“Fluidos (cohete de aire comprimido, remolino, vórtice en dos botellas…)	“Drogas legales”
“Fluidos no newtonianos”	“Exposición de Biomagnetismo Cuántico Holístico”	“La magia de la ciencia”
“Taller de aves”	“Ojo y visión (ilustraciones ópticas pareidolia, daltonismo y punto ciego)”	“Slime y otros experimentos”
“Experimentos con agua”	“Células y muestras de órganos”	“Hierro en los alimentos”
“Voz y sonido”	“Cómo se divulga la ciencia”	“Embarazo y parto”
“Visión y cámara oscura”	“Futuro limpio: reciclaje y energías limpias”	“Ciencia y Tecnología”

Por ser diferente a todos los demás y por su significado, voy a comentar pormenorizadamente uno de estos estands:

“Exposición de Biomagnetismo Cuántico Holístico”

En las Jornadas de DDD (Divulgar Disfrutando Desinteresadamente) de noviembre 2017 en Guadalajara, el profesor D. Antonio López López hizo una presentación sobre las pseudociencias. En su ponencia hablaba de las características que tenían las pseudociencias: nuevo-alternativo o bien antiguo-ancestral, difusión por los medios de comunicación de masas y redes sociales, referencia a energías desconocidas, victimización (complots gobiernos y academias), holístico, invoca a “expertos” (principio de autoridad), ostentación de títulos (especialmente másteres), imaginería irrelevante (batas, laboratorios), verborrea presuntamente científica, testimonios en lugar de evidencias, superioridad moral, maniqueísmo, catastrofismo, exaltación de lo “natural” y marketing (venta de productos, cursos, etc.). En ese momento pensé en trabajar con mis alumnos el tema de las pseudociencias para crear un espíritu crítico que les ayudase a reconocerlas y diferenciarlas de la ciencia. Quería que fuese una actividad con un planteamiento diferente y que los alumnos reflexionasen sobre los mecanismos que utilizan en las pseudociencias para hacernos creer en la veracidad de sus planteamientos. La idea era desenmascarar una teoría pseudocientífica. Para ello me propuse crear una y que algunos alumnos la defendieran en un estand de nuestra SCT. Haríamos una encuesta sobre el impacto de las ideas de nuestra teoría en los asistentes al estand y posteriormente a la SCT le revelaríamos la naturaleza de nuestro experimento a todo al público que presenció nuestro ensayo.

Lo primero sería buscarle un nombre. Para ello acudí también a la ponencia del profesor D. Antonio López López, donde hablaba de la existencia de unos sustantivos generadores (biología, geología, ecología, inmunología, endocrinología, psicología, neurología y medicina) y de unos adjetivos generadores buenos (natural, orgánico, ecológico, cuántico, holístico, verde, astral, aural, emocional

e iónico) y otros adjetivos generadores malos a evitar (químico, genético, transgénico, sintético, artificial, nuclear y procesado). Como el magnetismo es un fenómeno con apariencia "mágica" para muchas personas, pensé en utilizarlo en nuestra pseudociencia, así que la primera propuesta de nombre fue "Biomagnetismo". Busqué en Internet y resulta que ya existía esa pseudociencia. Bueno, pues amplié el vocablo a "Biomagnetismo cuántico". Y de nuevo compruebo que también existe ya esa "disciplina". Pues nada, lo intenté con "Biomagnetismo holístico" e igualmente es un método que puedes encontrar en Internet. Así que opté por "Biomagnetismo cuántico holístico" y no encontré referencias a este "campo de estudio".

Para construir el cuerpo teórico de la teoría del "Biomagnetismo Cuántico Holístico" (BMCH) intenté en un primer momento crearlo de la nada, pero la imaginación en las pseudociencias "reales" era superior a la que yo podía desarrollar. Así que cogí ideas de unas y de otras hasta tener un documento de 15 páginas (incluidas las imágenes) del BMCH de la doctora Sofa Lestoes, nombre que leído al revés resulta "esto es falso". Las ideas principales eran:

- La enfermedad viene por la presencia en nuestro cuerpo de virus, bacterias, hongos y parásitos. Estos provocan una alteración iónica y de pH en nuestro organismo. La aplicación de potentes imanes sobre los puntos de energía alterada en el cuerpo humano produce la eliminación de los agentes invasores y por tanto se restablece el equilibrio iónico y el pH adecuado.
- Otro efecto de la utilización del BMCH es que la cercanía del polo sur del imán (+) tiene un efecto vitalizante, activa, dinamiza y proporciona energía, mientras que la proximidad con el polo norte magnético (-) relaja y calma el dolor.
- El tratamiento de agua con BMCH potencia la actividad iónica del hidrógeno y puede utilizarse para estimular la actividad mental, además de producir un efecto calmante, neutralizando las situaciones estresantes (tensión muscular, hipertensión arterial, palpitaciones, cefaleas, insomnio, irritabilidad, etc.). Esto se consigue porque se modifica el eje de rotación y la órbita del electrón, cambiando su polaridad y proporciona un sabor a agua de lluvia, al mismo tiempo, que reduce el sabor a cloro y a flúor.

A dos alumnos de 4º de ESO que estaban interesados en participar en un puesto en la SCT les propuse esta actividad y aceptaron formar parte de ella. Les pase la documentación y elegimos las imágenes para el expositor que acompañaría a la mesa del estand.

Los elementos que utilizaríamos para divulgar el BMCH serían los propios de una pseudociencia:

- Los alumnos, ataviados con batas de laboratorio, explicarían la teoría del BMCH y se apoyarían en testimonios: imágenes de personas afirmando las bondades del BMCH e incluso las experiencias personales de los propios alumnos.
- Presentaríamos un producto mágico. Llevaríamos agua tratada con BMCH y se la daríamos a probar a las personas que se acercasen al estand. El líquido era agua mineral con colorante alimentario, lo que le daba un ligero color azul.
- Se ofrecía la posibilidad de completar una encuesta sobre el BMCH y el agua ingerida.

Días posteriores a la SCT fuimos por las clases de los grupos que acudieron al estand para contarles el experimento realizado: por qué lo habíamos hecho y qué conclusión sacábamos.

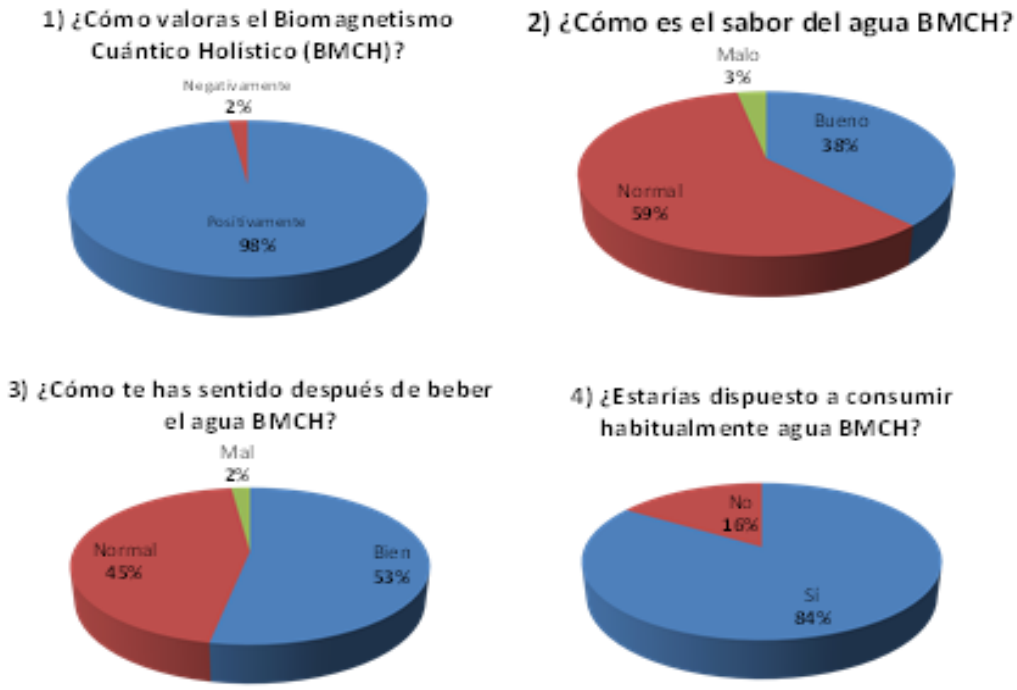
PREGUNTAS DE LA ENCUESTA

El cuestionario constaba de cuatro preguntas de respuesta cerrada y una de respuesta abierta:

1. ¿Cómo valoras el Biomagnetismo Cuántico Holístico (BMCH)?
   Positivamente Negativamente
2. ¿Cómo es el sabor del agua BMCH?
   Bueno Normal Malo
3. ¿Cómo te has sentido después de beber el agua BMCH?
   Bien Normal Mal
4. ¿Estarías dispuesto a consumir habitualmente agua BMCH?
   Sí No
5. ¿Alguna sensación que quieras comentar?

RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Sobre 123 encuestas realizadas:



5). ¿Alguna sensación que quieras comentar?

Comentarios escritos en 45 de las 123 encuestas (37%)

a. Se aprecia diferencia del agua BMCH respecto al agua ordinaria (64%)
   - Sensaciones positivas (13%): Relajamiento, calmado, el pecho fresco, relajación, relaja el cuerpo, tranquilidad-relajación
   - Comentarios positivos (27%): increíble, me ha encantado, me encantó-quiero más, me encanta, guau, muy rico, muy bien, muy buena, todo bien, no está mal.
   - Apreciación neutra que manifiesta que es diferente al agua (4%): sabe distinta a la normal, distinto.
   - Comentarios negativos que manifiestan que es diferente al agua (20%): siento raro el cerebro, estoy un poco nerviosa, un regusto raro, me siento regular, movimiento estomacal, presión en la parte abdominal, casi vomito, no la bebería habitualmente, porque me ha dado sueño.

b. No se aprecia diferencia del agua BMCH respecto al agua ordinaria (22%)
   - Comentarios neutros (15%): me quitó la sed, está fresquita, lo noto como agua normal, normal, el agua es normal, sabe a agua
   - Comentarios críticos (7%): podría intervenir el efecto placebo, placebo, ¿Placebo?

c. Otros comentarios (14 %)
   - Comentarios diferentes a lo que se pregunta (7%): la exposición un diez, los científicos se explican muy bien, buena exposición, extraña e interesante.
   - Respuestas escribas en broma (7%): soy feliz, me siento un hombre nuevo y realizado, un pitufo ha meado dentro.

¿ALGUNA SENSACIÓN QUE QUIERAS COMENTAR? Clasificación de las respuestas					
64%	Manifiesta diferencias del agua BMCH respecto al agua ordinaria	40%	Comentarios positivos	13%	Manifiesta sensaciones
				27%	No manifiesta sensaciones
		4%	Comentarios neutros		
		20%	Comentarios negativos		
22%	No manifiesta diferencias del agua BMCH respecto al agua ordinaria	15%	Comentarios neutros		
		7%	Comentarios críticos		
14%	Otras respuestas	7%	No se responde a la pregunta		
		7%	Respuesta en broma		

Es sorprendente la capacidad de convicción que ha tenido una teoría sin fundamento defendida por dos alumnos de 15 años, vestidos con dos batas de laboratorio y utilizando verborrea científica. Esto debe plantearnos la necesidad de ser más críticos con la información de apariencia científica.

EVALUACIÓN DE LA SEMANA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Algunos datos numéricos:

- El claustro de profesores de nuestro instituto tiene 92 profesores: 26 profesores del área de ciencia y tecnología (13 de Matemáticas, 5 de Biología-Geología, 4 de Física-Química y 4 de Tecnología). Los profesores que participan activamente en la 5ª SCT son 23 (18 del área de ciencia y tecnología y 5 de otras áreas: Lengua, Educación Física y Filosofía).
- 1123 alumnos en el turno de diurno (767 de ESO, 249 de Bachillerato, 27 de FPB y 80 de Ciclos Formativos). El alumnado que ha participado activamente son: 450 haciendo vídeos, 150 en los estands, 80 haciendo maquetas, 25 explicando el Museo Itinerante Principia y 25 en otras actividades. Todo el alumnado ha participado como espectadores o asistentes en la 5ª SCT.

¿Qué buscan las actividades que desarrollamos?

- Hacer protagonista al alumnado: proyección de vídeos hechos por los alumnos, exposición de maquetas, estands donde el monitor es el alumnado y explicación de los módulos experimentales de Principia.
- Dar a conocer actividades académicas de otro nivel al del instituto, algunas de ellas novedosas para el alumnado: conferencias, exposición "Cristales: un mundo por descubrir" y taller sobre formación de cristales. Estas actividades suponen la participación de personal ajeno al Centro.
- Actividades relacionadas con la Ciencia y la Tecnología aportadas por otras disciplinas (revista digital "Entérate", actividad sobre el problema de Monty Hall, exhibición de vídeos sobre tarjetas "Mujeres Científicas", gymkana científica, cine fórum sobre Ciencia, Tecnología y Filosofía y actividades en torno a 200º aniversario de Frankenstein)
- Mostrar Ciencia y Tecnología a otros sectores de la comunidad educativa: invitación a que participen los padres y madres de nuestro alumnado, a los alumnos de primaria de los colegios adscritos y a alumnado de otros centros de secundaria (torneo de ajedrez).

¿Qué hemos conseguimos con la 5ªSCT?

- Sacar la ciencia fuera del aula: a los pasillos, al hall, al gimnasio, al patio, a la sala de usos múltiples,…
- Cambiar el sentido de la comunicación en el proceso de enseñanza- aprendizaje: que los alumnos aprendan de otros alumnos, que los profesores aprendan de los alumnos, que los padres aprendan de los alumnos, que los profesores aprendan de otros profesores…
- Hacer de la ciencia y la tecnología algo especial que es capaz de aglutinar a muchas personas en una actividad multidisciplinar y multitransversal.
- Propiciar un entorno de creatividad, de colaboración, de disfrutar del aprendizaje, de asombrarnos, de sorprendernos, de camaradería…

LIFE + RESPIRA: Reducción de la exposición de ciclistas a contaminantes urbanos

LIFE + RESPIRA: Reduction of cyclists exposure to urban pollutants

Carolina Santamaría Elola, Jesús Miguel Santamaría Ulecia

Universidad de Navarra

Resumen

El proyecto LIFE + RESPIRA se ha desarrollado a partir del trabajo de un total de 35 investigadores pertenecientes a cuatro instituciones distintas (Universidad de Navarra, Gestión Ambiental de Navarra, Departamento de Medio Ambiente del Centro de Investigaciones Energéticas Medio Ambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y Centro de Investigación Socio Técnica (CISOT)) y una empresa especializada en pavimentos fotocatalíticos (Pavimentos de Tudela), aglutinados en torno a la exposición de ciclistas y peatones a los contaminantes atmosféricos urbanos. Los resultados del proyecto permiten demostrar que la utilización de medios de transporte alternativos disminuye la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes perjudiciales para la salud, además de mejorar la condición física de los usuarios.

Abstract

The LIFE + RESPIRA project has been developed by a group of 35 researchers belonging to four different institutions (University of Navarra, Environmental Management of Navarra, Department of the Environment of the Environmental and Technological Energy Research Center (CIEMAT) and Socio-technical Research Center (CISOT)) and a company specialized in photocatalytic pavements (Pavimentos de Tudela), agglutinated around the exposure of cyclists and pedestrians to urban air pollutants. The results of the project allow demonstrating that the use of alternative means of transport reduces the emission of greenhouse gases and other pollutants harmful to health, in addition to improving the physical condition of users.

Motivación del Proyecto

Durante las últimas décadas los cambios socioeconómicos acaecidos en Europa han afectado significativamente al transporte urbano. Entre las principales causas que han conducido a esta evolución cabe citar el modelo de expansión urbana implantado, que favorece el incremento de las distancias físicas entre los principales usos del suelo y favorece las estructuras urbanas dedicadas a un solo uso, con lo que la fragmentación del territorio se hace más acusada y se incrementa la dependencia del vehículo particular.

La congestión del tráfico no cesa e incluso aumenta, obstaculiza la circulación de bienes y personas en muchas ciudades, en paralelo con una disminución de la cuota de personas que utilizan el transporte público, que van a pie o que circulan en bicicleta.

De acuerdo con los estudios sobre movilidad y ciclismo urbano, Copenhague es la mejor ciudad del mundo para utilizar este medio de locomoción sostenible (55% de desplazamientos en bicicleta). En España el porcentaje de usuarios es de un 5-10%. En cuanto a Pamplona, un 35% de la población utiliza vehículo privado, un 13% transporte público, un 49% es peatón y un 2,5% ciclista.

Teniendo en cuenta esta situación y el incremento de los problemas asociados al tráfico, surge la necesidad de desarrollar nuevas alternativas de transporte que contribuyan a la mejora de la calidad del aire. Una manera efectiva de contribuir a la sostenibilidad de las ciudades consiste en fomentar el uso de medios de transporte “amigables” con el medio ambiente, como la bicicleta. Los beneficios del transporte activo son claros: disminuye la congestión del tráfico; supone relativamente poco peligro para otros ciudadanos; reduce las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero; favorece la salud de quien lo practica; previene el desarrollo de enfermedades crónicas; no provoca estrés ni agresividad, al contrario, favorece la sociabilidad y hace que cada desplazamiento sea un paseo del que se puede disfrutar de sensaciones agradables.

Paradójicamente, esta actividad saludable puede suponer un riesgo para los propios ciclistas debido a que éstos se encuentran próximos a las fuentes de contaminación y a que sus tasas de respiración son 2-4 veces superiores a las de los pasajeros que circulan en coche o a los peatones, lo que favorece una mayor inhalación de contaminantes. Por esta razón, es importante disponer de datos empíricos que permitan informar a los ciclistas respecto a dónde y cuándo circular para que la afección por contaminantes inhalados sea menor.

La mayor parte de los estudios epidemiológicos relacionados con la calidad del aire se han realizado en ciudades grandes (> 500.000 habitantes). Sin embargo, el 80% de las ciudades europeas tiene un tamaño inferior, muy similar al de la ciudad de Pamplona. Este aspecto resulta relevante, ya que según el último informe sobre “Calidad del Aire en Europa” publicado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) en 2013, más del 90% de la población europea se encuentra expuesta a niveles de contaminantes que superan las DCA (directrices sobre calidad del aire) establecidas por la OMS. De acuerdo con este informe, resulta evidente que el problema de la contaminación atmosférica afecta en

la actualidad a todos los núcleos urbanos, con el consiguiente peligro para su población. De hecho, las investigaciones realizadas han permitido concluir por primera vez que el aire ambiental contaminado constituye una causa de cáncer.

Este proyecto pretende arrojar luz sobre estas incógnitas y evidenciar que el uso de medios de transporte alternativos asociados a planes de movilidad adecuados, contribuyen a la disminución de las concentraciones de los contaminantes presentes en las ciudades actualmente.

Objetivos

El **principal objetivo** de LIFE+ RESPIRA es, por tanto, demostrar que es posible reducir la exposición de los ciclistas y viandantes en general a contaminantes atmosféricos urbanos, aplicando nuevas tecnologías y otras medidas relacionadas con la planificación urbanística, el diseño urbano, y la gestión de la movilidad.

Para alcanzar este objetivo general, se plantearon los siguientes **objetivos específicos**:

- **Cuantificar la concentración de contaminantes** inhalados por los ciclistas en condiciones reales de tráfico y durante la realización de sus recorridos cotidianos
- **Desarrollar un modelo matemático** que permita extrapolar los resultados para mejorar las estrategias de control de la calidad del aire y contribuir al desarrollo de ciudades sostenibles.
- **Desarrollar un planificador de rutas** (App) que permita seleccionar el itinerario más saludable desde el punto de vista de la contaminación atmosférica.
- **Evaluar los beneficios ambientales**, sociales y económicos, derivados del incremento del uso de la bicicleta como medio de locomoción urbano.
- **Implicar directamente a la población** en el desarrollo del proyecto, convirtiéndola en el motor principal del mismo, para concienciarla de que el estado de la calidad del aire, y de su salud, están en sus manos.
- **Informar, educar y sensibilizar** sobre la problemática de la calidad del aire en general, y de la contaminación atmosférica en el ámbito urbano en particular, fomentando el desarrollo de iniciativas que favorezcan un entorno más saludable.

Actividades Desarrolladas

Los objetivos del proyecto se desarrollaron a través de las siguientes acciones:

- **Monitorización de contaminantes** relacionados con el tráfico a través de una densa red de plataformas de sensores móviles para ser transportados por ciclistas voluntarios durante sus desplazamientos habituales. Un total de 50 dispositivos con sensores (Figura 1) miniatura para NOx, CO y O_3, geolocalizados y de grabación continua estarán disponibles para los ciclistas a través de un programa de arrendamiento controlado. Además, algunas bicicletas estarán equipadas con sensores que permitirán monitorizar partículas (PM10, PM2.5, PM1) y negro de carbono.

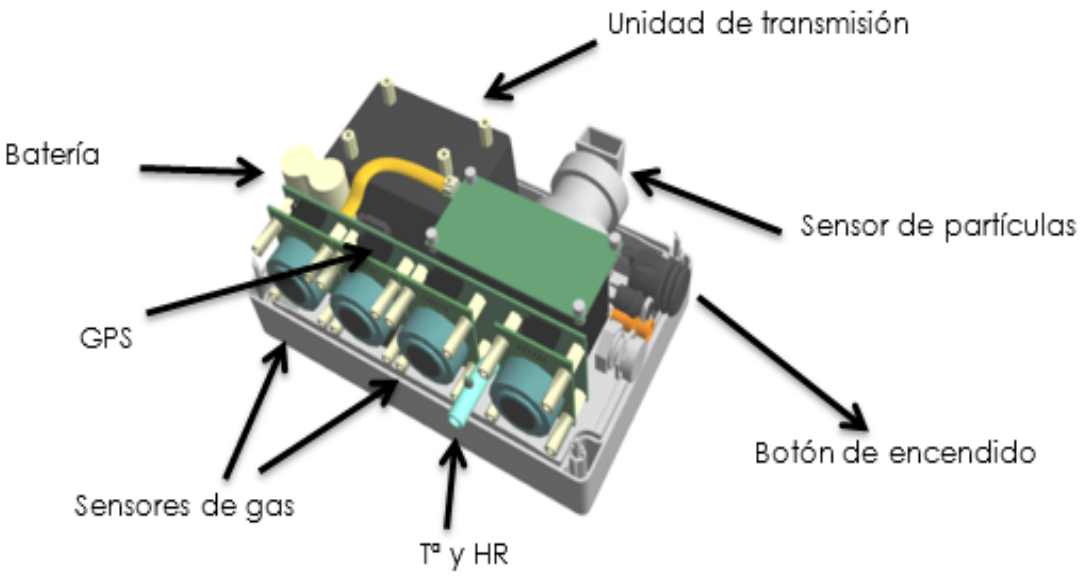


Figura 1. Esquema de un captador

Figure 1. Outline of the sensing device

- **Reclutamiento de voluntarios**: una gran parte del proyecto dependió de la participación de un número suficiente de voluntarios comprometidos que recopilaron datos, mientras circulaban por sus rutas habituales o siguiendo rutas preestablecidas.
- **Acciones de mejora de la calidad del aire**: los tramos seleccionados de carriles bici y calles existentes estarán sujetos, durante la duración del experimento, a mejoras técnicas, incluida la instalación de superficies fotocatalíticas y paredes verdes.
- **Desarrollo del modelo matemático**: las variables que afectan a la distribución de contaminantes en el aire de la ciudad se modelizaron a escala fina utilizando modelos de circulación de aire existentes, y luego se volvieron a calibrar utilizando los datos reales recopilados por los sensores móviles.
- **Divulgación**: los resultados del proyecto han sido transferidos al público a través de un sitio web y otros medios divulgativos. Se debe elevar la conciencia pública sobre la calidad del aire y la vida sostenible.

Resultados del Proyecto

Los resultados obtenidos han dependido de la actividad de un grupo de unos 200 voluntarios muy activos, que han transportado los 50 captadores durante sus desplazamientos cotidianos. Algunos voluntarios, además, han llevado un pulsómetro que registró su frecuencia cardíaca para deducir cuánto aire respiraban mientras circulaban.

Los datos generados se han incluido en una única base de datos de 13 millones de muestras recogidas a lo largo de dos años de muestreos que incluyen:

- 20.000 recorridos.
- 47.000 Km en bicicleta.
- 15.000 Km en vehículos a motor (taxistas voluntarios en horario nocturno).
- 77.000 horas de recogida de datos.

El estudio realizado a lo largo de estos dos años ha permitido observar pautas de contaminación a escala general y local. De forma generalizada se observa un reparto ligado a focos emisores (principalmente tráfico) y sus variaciones temporales (horas pico y valle), y las circunstancias atmosféricas y topográficas de la ciudad.

Las concentraciones de óxidos de nitrógeno son notables tanto en vías de mucho tráfico como en puntos de concentración de vehículos pesados dotados de motores diésel (figura 2.a))). También se han observado diferencias en concentraciones de contaminantes como NO_2 entre vías de más circulación con concentraciones elevadas sostenidas y las de menor tráfico. En los lugares de más concentración y en horas punta, los valores registrados pueden ser superiores a los que marca la normativa europea. También se ha observado el efecto de la distancia respecto a las fuentes de contaminación: las aceras y carriles bici que discurren separados de la calzada o dentro de zonas de vegetación, presentan niveles más bajos en todos los contaminantes.

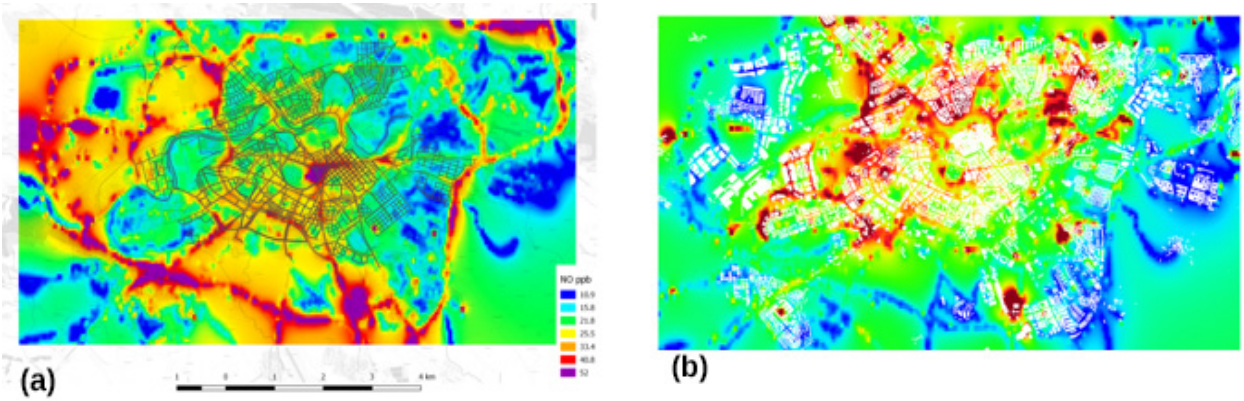


Figura 2. Concentración media de NO (a) y CO (b) durante los dos años de medida.

Figure 2. Average concentration of NO (a) and CO (b) during the two years of monitorisation.

El viento dominante también puede causar acumulaciones locales llevando la contaminación de fuentes fijas a zonas de estancamiento. Así, se ha registrado una mayor concentración de CO en el cinturón industrial de Pamplona situado en la zona norte de la ciudad que tiende a acumularse en el sector noroeste (figura 2.b). Análogamente, las zonas residenciales periféricas muestran menores concentraciones de este contaminante. En invierno, estas mismas zonas residenciales muestran una elevada concentración de material particulado, posiblemente asociado a chimeneas domésticas, ya que el tipo de construcción predominante en estas zonas son viviendas unifamiliares y adosadas.

A pequeña escala, se han observado diferencias consistentes en los niveles de contaminantes entre la calzada y las vías ciclistas o las aceras (figura 3): la circulación por la calzada supone un aumento de entre el 37 y el 54% de los NO_x con respecto a circular por el carril bici o la acera. El ozono cambia solo un 5% pero el aire de la acera tiene un 90% menos de material particulado PM_{10} y un 52% menos de $PM_{2.5}$

que la calzada. Por otro lado, se ha observado que el CO aumenta un 27%.

Respecto al diseño de una App que permita planificar rutas saludables, se han tenido en cuenta no sólo los niveles de contaminación sino también el esfuerzo físico que supone para el ciclista recorrer una determinada ruta. Para cuantificar este último parámetro, se emplearon los registros de frecuencia cardíaca obtenidos para los voluntarios que circulaban con un pulsómetro. La frecuencia cardíaca se puede emplear como estimador indirecto del esfuerzo respiratorio de cada uno de los voluntarios. Además, este grupo de 40 voluntarios se sometieron a una espirometría que permitió obtener parámetros relacionados con el volumen respiratorio, valores que posteriormente sirvieron para estimar el volumen de aire movilizado durante los desplazamientos y la cantidad de contaminantes a la que están expuestos los ciclistas en sus recorridos.

Los resultados obtenidos muestran que el desplazamiento en bicicleta supone un esfuerzo notable, ya que los valores de frecuencia cardiaca media de todos los voluntarios alcanzó los 113 latidos/minuto. Esta media presenta grandes variaciones cuando se estudia cada voluntario por separado, lo que evidencia la heterogeneidad del grupo de voluntarios es aspectos tales como edad, sexo y distinto uso de la bicicleta (velocidad media, recorrido realizado…).

En cuanto a la vegetación urbana, se ha constatado que constituye un elemento importante en la gestión de la calidad del aire, aunque su eficacia depende de una serie de factores que deben ser tenidos en cuenta, como la selección de especies adecuadas, atendiendo a características como tamaño de copa, longevidad de hojas, superficie rugosa o con pelos o tasas de intercambio gaseoso, así como alergenicidad del polen o producción de compuestos orgánicos volátiles, con el fin de evitar efectos perjudiciales en la calidad del aire. Por otro lado, el correcto mantenimiento de la vegetación y un adecuado diseño y estructura de las zonas verdes contribuirá a disminuir la exposición a la contaminación atmosférica de la población.

La divulgación ha sido una de las actividades más intensas realizadas a lo largo de este proyecto. Se prepararon una gran variedad de acciones de comunicación dirigidas a diversas comunidades como los voluntarios, los grupos ecológicamente sensibilizados, las instituciones y administraciones públicas, la comunidad científica y el público en general.

Estas acciones de comunicación organizadas han sido eventos presenciales, paneles informativos, folletos impresos, notas de prensa, vídeos publicados en YouTube (en castellano y euskera), documental (en castellano e inglés) programas de radio, informaciones publicadas en el sitio web del proyecto (en castellano, euskera, inglés y francés), notas en Facebook y Twitter, además del correo electrónico y *merchandising* (camisetas, accesorios de bicicleta, mochilas, etc.).

Estas acciones de comunicación organizadas han sido eventos presenciales, paneles informativos, folletos impresos, notas de prensa, vídeos publicados en YouTube (en castellano y euskera), documental (en castellano e inglés) programas de radio, informaciones publicadas en el sitio web del proyecto (en castellano, euskera, inglés y francés), notas en Facebook y Twitter, además del correo electrónico y *merchandising* (camisetas, accesorios de bicicleta, mochilas, etc.).

Finalmente, también se llevó a cabo un programa educativo sobre calidad del aire y movilidad sostenible, con el fin de sensibilizar a los jóvenes sobre la importancia de la calidad del aire urbano

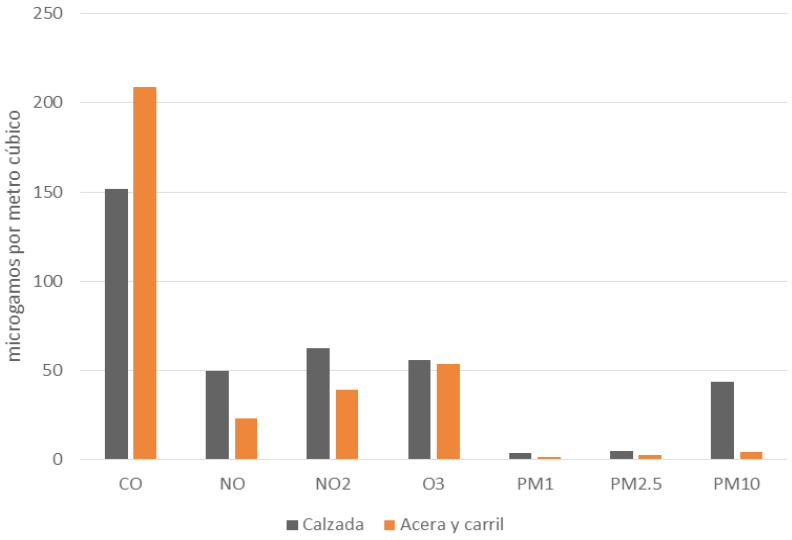


Figura 3. Comparación de los niveles de contaminantes (en μg/m³) entre la calzada y carril bici o la acera.

Figure 3. Comparison of contaminant levels (in μg/m³) between the road and the bike path or the sidewalk.

y los factores de los que depende, así como para enseñarles a adquirir hábitos de movilidad sostenible y saludable.

Con este objetivo, se ha desarrollado un proyecto educativo RESPIRA titulado “Nuevos aires para una Ciudad Educadora, Saludable y Segura”, ofertado durante el curso 2016-17 a alumnos de educación secundaria obligatoria y de tercer ciclo de primaria residentes en Pamplona y su comarca. Este programa recibió el respaldo del Departamento de Educación de Gobierno de Navarra y del Consejo Escolar de Navarra, además de haberse contado con la colaboración de Mancoeduca, un prestigioso programa de educación ambiental creado hace 25 años por la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona, institución local responsable del transporte público.

Más de 2.000 alumnos pertenecientes a 31 centros educativos participaron en las 94 actividades programadas. Los profesores involucrados valoraron positivamente el programa educativo diseñado y ejecutado por LIFE + RESPIRA, en el que se incluyeron actividades relacionadas con los hábitos de movilidad de los alumnos, caracterización del entorno urbano, búsqueda de soluciones prácticas y creativas… y en algunos centros, desarrollaron un proyecto particular relacionado con el incremento de la seguridad y comodidad en trayectos peatonales y ciclistas, mejora de la señalización y diseño de los espacios públicos, limitación de su ocupación por parte de los vehículos privados, revegetación y embellecimiento del mobiliario urbano…

Socios protectores del Grupo Español del carbón

Industrial Química del Nalón, S.A.
NalónChem

bonsai
ADVANCED TECHNOLOGIES

ELCOGAS