

Informe ENCIENDE

Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España

Análisis, reflexiones y propuestas para un acercamiento
de la ciencia al mundo escolar que promueva en los niños el interés
por la ciencia, el aprendizaje científico y una visión
no estereotipada de la empresa científica y sus protagonistas



CONFEDERACIÓN DE SOCIEDADES
CIENTÍFICAS DE ESPAÑA



Informe ENCIENDE

Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar
para edades tempranas en España



La realización del Informe ENCIENDE ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN).

Informe ENCIENDE

Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España

Análisis, reflexiones y propuestas para un acercamiento
de la ciencia al mundo escolar que promueva en los niños el interés
por la ciencia, el aprendizaje científico y una visión
no estereotipada de la empresa científica y sus protagonistas



Marzo 2011

Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE), 2011
Vitruvio, 8. 28006 Madrid

Depósito legal: B-10545-2011
Producción editorial: Rubes Editorial
Impreso en Grup 4 S.A.

Sumario

Prólogo

JOAN J. GUINOVART	7
-------------------	---

Directorio	9
-------------------	---

Introducción

DIGNA COUSO	13
-------------	----

Resumen ejecutivo de las propuestas ENCIENDE	17
---	----

PARTE 1

La educación científica en edades tempranas en España: estado de la cuestión	19
---	----

1.1 La importancia de la competencia científica en la sociedad actual	21
1.2 La enseñanza de las ciencias en España	24
1.3 El conocimiento social de la ciencia	45
Notas	50
Bibliografía	51

PARTE 2

Reflexiones y recomendaciones para una mejora de la educación científica en edades tempranas en España desde los sectores científico, social y de la enseñanza de las ciencias	53
---	----

Presentación , ELEANOR HAYES	55
2.1 Reflexiones sobre la ciencia en edad temprana en España: la perspectiva de la enseñanza de las ciencias	
MARÍA PILAR JIMÉNEZ ALEIXANDRE, NEUS SANMARTÍ y DIGNA COUSO	57

Presentación , DORIS JORDE	75
2.2 Reflexiones sobre la ciencia en edad temprana en España: la perspectiva social	
CLAUDI MANS	77
Presentación , HAROLD KROTO	89
2.3 Reflexiones sobre la ciencia en edad temprana en España: la perspectiva científica	
JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ ESPINOSA y JOSÉ LÓPEZ-RUIZ	91
2.4 Conclusiones y recomendaciones transversales	97
Notas	104
Bibliografía	105
 APÉNDICES	
Documentos y proyectos de referencia	109
Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE)	113

Prólogo

JOAN J. GUINOVART

Presidente de la COSCE

La actitud social hacia la ciencia es de ambivalencia. Por una parte causa admiración e interés, mientras que por otra despierta miedo y hostilidad. Así, unos creen que puede resolver todos los problemas, en tanto que otros la ven como responsable de la sociedad moderna que contamina y deshumaniza. Los mismos científicos son contemplados como «sabios locos» y pocos conocen cómo realizan su trabajo. Sin embargo, como señaló Isaac Asimov, «la diferencia entre entender y no entender es también la diferencia entre respeto y admiración, por un parte, y odio y miedo, por la otra».

La ciencia es esencial para la democracia. Para mantener un sistema político democrático necesitamos conocimiento. Solo una sociedad con un adecuado nivel de educación científica puede evitar ser manipulada por los que detentan el poder y es capaz de tomar decisiones basadas en la evidencia sobre temas de la mayor trascendencia para nuestro bienestar e incluso nuestro futuro como especie. Hay que lograr, pues, que todos los ciudadanos puedan aplicar los principios del razonamiento científico y sean conscientes de la confianza que podemos tener en el mismo a la hora de tomar decisiones basadas en la ciencia. La comprensión del peligro que supone el calentamiento global y el aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera obligan a valorar la necesidad o no de cumplir con el protocolo de Kioto. La

plaga, sistemáticamente infravalorada, que para la salud humana representa el tabaquismo, así como su enorme coste económico; las indudables ventajas de las vacunas y la necesidad de un uso racional de los medicamentos, son aspectos que deben ser valorados con el apoyo del conocimiento científico. Un pueblo no educado científicamente puede ser fácilmente conducido a error y así llegar a creer que el sida no se transmite por la vía de contactos sexuales, que no hay necesidad de preocuparse por la extinción de miles de especies o que la Tierra fue creada hace exactamente 5771 años. Y los intentos de manipulación por parte de los poderosos no son, tan solo, una posibilidad. No hace mucho, un grupo de científicos norteamericanos, entre ellos 20 premios Nobel, acusaron al gobierno de Bush de distorsionar sistemáticamente los hechos científicos al servicio de sus objetivos políticos en las áreas del medio ambiente, la sanidad, la investigación biomédica y las armas nucleares.

Estamos separando *educación* de *ciencia* lo que constituye un craso error. Hay que promover una sociedad consciente del valor de la ciencia y que aumente el apoyo social a la actividad científica. Para ello es imprescindible fomentar las acciones de apoyo a un sistema educativo que permita al ciudadano entender el mundo a través de los ojos de la ciencia, que le dé recursos para comprenderlo a través de la ciencia, sin ser un científico. No se trata de que todo el mundo deba

estudiar asignaturas de ciencias de forma tradicional, sino que se deben encontrar formas creativas de desarrollar en los jóvenes la aplicación del enfoque científico a los problemas. Con ello las nuevas generaciones, a lo largo de sus vidas, estarán preparadas para tomar decisiones disponiendo de la competencia y de la confianza necesarias para utilizar un planteamiento racional. *Ciencia* es también sinónimo de *cultura*. Los países se miden no solo por sus artistas, músicos, literatos o escritores. También por el nivel de sus científicos, como por ejemplo por el número de premios Nobel.

Es, pues, imprescindible crear plataformas para disseminar la cultura científica, lo que debería ser uno de los objetivos prioritarios de la política de ciencia y tecnología. Y eso es una tarea a la que los científicos no pueden ser ajenos, pues como dijo Carl Sagan «la ciencia es una herramienta absolutamente esencial para cualquier sociedad que tenga esperanzas de sobrevivir en el siglo *xxi* con sus valores fundamentales intactos. Y no solamente ciencia entendida como la actividad que practican los científicos, sino la ciencia entendida y abrazada por el conjunto de la comuni-

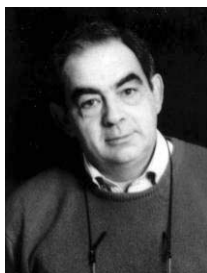
dad. Y si los científicos no consiguen que esto ocurra, ¿quién lo hará?».

La Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE), consciente de su responsabilidad y siguiendo la huella que ya marcó la Acción CRECE, ha puesto en marcha ENCIENDE (ENseñanza de las CIENCIAS en la Didáctica Escolar), un proyecto que responde a la necesidad de promover las ciencias como un elemento fundamental en la cultura y potenciarlas desde la escuela primaria. Con ello, COSCE pretende afianzar su papel de puente entre la comunidad educativa y la comunidad científica, al involucrar a toda la sociedad y trabajar en pro de una ciudadanía sensibilizada, educada y formada en ciencia. ENCIENDE es una consulta a la comunidad científica, la comunidad de la enseñanza de las ciencias y la sociedad en general, y una reflexión sobre cómo informar y formar a los ciudadanos del futuro desde edades tempranas. Nace con voluntad de servicio y abierto a la participación, al intercambio de ideas como un proceso continuado que pueda integrar la dimensión de la cultura científica en nuestra sociedad.

Directorio

Comisión Permanente ENCIENDE

Presidente



Alfredo Tiemblo Ramos

Doctor en Física por la Universidad Complutense de Madrid. Becario March y de la Universidad de Bolonia. Profesor de investigación del

CSIC. Ha sido director de los Institutos de Estructura de la Materia y de Matemáticas y Física Fundamental del CSIC. Ex presidente de la Real Sociedad Española de Física y vicepresidente de COSCE, está en posesión de la Medalla de la Real Sociedad Española de Física entre otras situaciones y distinciones.

Vocales



Jaime Julve Pérez

Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Bolonia y por la Universidad Complutense de Madrid. Investigador científico, es miembro de

diversas entidades dedicadas al fomento de la ciencia, como el Comité Académico de la Olimpiada Española de Física y la Comisión C-13 Physics for Development de la International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP). Asimismo es vicedirector del Instituto de Física Fundamental del CSIC.



Ángel Herráez Sánchez

Doctor en Ciencias Químicas (Bioquímica) por la Universidad de Alcalá de Henares (UAH). Profesor Titular de Universidad, área de Bioquímica y Biología Molecular, de la UAH. Coordinador del Grupo de Enseñanza de la Bioquímica,

sección científica de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM).



José López-Ruiz

Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Actualmente está adscrito al Departamento de Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. Su labor investigadora se ha centrado fundamentalmente en la modelización geoquímica de los procesos magmáticos de áreas de intraplaca y de zonas de subducción. Asimismo ha dedicado una parte de su labor a divulgar la volcanología y la geología.



José Miguel Rodríguez Espinosa

Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid (UCM), y en Astrofísica por la Universidad de California, San Diego. Ha sido profesor titular de la Facultad de Físicas de la UCM, director científico del Gran Telescopio Canarias y presidente de la Sociedad Española de Astronomía. En la actualidad es profesor en el Instituto de Astrofísica de Canarias dedicado a la investigación en astronomía extragaláctica.



Teresa Perucho Alcalde

Licenciada en Farmacia y Máster en Genética por la Universidad San Pablo-CEU (USP-CEU). Es profesora asociada de genética de la USP-CEU y ejerce en las facultades de Farmacia y Medicina. Fundadora y directora de GENYCA INNOVA Análisis y Diagnóstico Genético, actualmente es presidenta de la Comisión de Recursos Pedagógicos de la Asociación Española de Genética Humana.

Secretaría ejecutiva



Digna Couso Lagarón

Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), es física de formación. Ha participado en diversos proyectos europeos relacionados con la formación de profesores de ciencias y el diseño de materiales didácticos innovadores con grupos de docentes. Actualmente imparte docencia en el Grado de Educación Primaria y coordina el Máster de Formación de Profesorado de Secundaria de la especialidad de Física y Química en la UAB.

Comité de Expertos ENCIENDE



Digna Couso Lagarón

Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), es física de formación. Ha participado

en diversos proyectos europeos relacionados con la formación de profesores de ciencias y el diseño de materiales didácticos innovadores con grupos de docentes. Actualmente imparte docencia en el Grado de Educación Primaria y coordina el Máster de Formación de Profesorado de Secundaria de la especialidad de Física y Química en la UAB.



María Pilar Jiménez Aleixandre

Catedrática de Didáctica de Ciencias Experimentales en la Universidad de Santiago de Compostela, es doctora

en Biología con una tesis sobre el aprendizaje de la evolución. Ha participado en informes europeos sobre la enseñanza de las ciencias como el Nuffield. Investiga el desarrollo de la competencia científica y el uso de pruebas.



José López-Ruiz

Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Actualmente está adscrito al Departamento de Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. Su labor investiga-

dora se ha centrado fundamentalmente en la modelización geoquímica de los procesos magmáticos de áreas de intraplaca y de zonas de subducción. Asimismo ha dedicado una parte de su labor a divulgar la volcanología y la geología.



Claudi Mans Teixidó

Catedrático emérito de Ingeniería Química de la Universidad de Barcelona. Ha sido profesor de ingeniería química y química industrial

de las titulaciones de Química e Ingeniería Química de la Universidad de Barcelona, y ha ocupado diferentes cargos académicos. En la actualidad se dedica a la divulgación científica, especialmente de la ciencia de la vida cotidiana, mediante libros, artículos, conferencias, webs y blogs. Es colaborador de CosmoCaixa Barcelona y de la Fundación Alicia, y vocal de la junta de la Asociación Catalana de Comunicación Científica (ACCC). Ejerce también de coordinador del nuevo Campus de la Alimentación de Torribera de la UB.



José Miguel Rodríguez Espinosa

Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid (UCM), y en Astrofísica por la Universidad de California, San Diego. Ha sido profesor titular de la Facultad de Físicas de la UCM, director científico del Gran Telescopio Canarias y pre-

sidente de la Sociedad Española de Astronomía. En la actualidad es profesor en el Instituto de Astrofísica de Canarias dedicado a la investigación en astronomía extragaláctica.

biental. Ha recibido el Premio de Pedagogía Rosa Sensat 2002 y la Creu de Sant Jordi 2009.

Colaboradores



Neus Sanmartí Puig

Doctora en Ciencias Químicas (Didáctica de la Química) por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). Catedrática emérita de Universidad. Profesora de didáctica de las ciencias en los estudios de formación inicial del profesorado de secundaria, de maestros de educación primaria y de doctorado de la UAB. Sus líneas de trabajo son: currículo del área de ciencias, evaluación, lenguaje y aprendizaje científico, y educación am-



Cristina Rodríguez Simarro

Ingeniera industrial por la Universidad Politécnica de Cataluña. Tras una etapa como ingeniera en la empresa privada, desde hace dos años ha orientado su carrera profesional hacia la enseñanza de las ciencias. Actualmente trabaja como técnica de investigación en didáctica de las ciencias en el CRECIM (centro de investigación por la educación científica y matemática de la UAB).

Introducción

DIGNA COUSO

Secretaria ejecutiva de ENCIENDE

La importancia de la educación en ciencias de nuestros niños y jóvenes no está en discusión. Prácticamente la totalidad de los currículos escolares europeos están diseñados desde una perspectiva de «ciencia para todos» con el objetivo de conseguir la alfabetización científica de la ciudadanía desde las etapas tempranas. En este sentido, el marco adoptado por el Consejo y el Parlamento Europeo a finales de 2006 define la competencia científica como una de las ocho competencias clave o básicas para el aprendizaje permanente de la ciudadanía. Según este marco, trasladado a la LOE y a los currículos en España, una ciudadanía competente científicamente es necesaria por varias razones: para el progreso socioeconómico y empleabilidad de los ciudadanos y ciudadanas en la sociedad del conocimiento de los acuerdos de Lisboa; así como para la realización personal, inclusión social y participación activa de esta ciudadanía.

Sin embargo, los resultados de nuestro alumnado al final de la escolarización obligatoria, tanto con respecto a competencia científica como a motivación y actitud hacia la ciencia, distan de ser los esperados. A nivel mundial se ha detectado un preocupante declive en el número de estudiantes interesados en cursar carreras científico-técnicas, en particular en los países más desarrollados y respecto de las ciencias físicas (OCDE), relacionado con una falta de inte-

rés por los estudios de ciencias (ROSE Project, Eurobarómetro «Young People and Science»). Además, los resultados de comparaciones internacionales sobre los niveles de competencia científica (PISA 2000, 2003, 2006 y recientemente 2009), si bien no sitúan a España en una posición alarmante, muestran una preocupante tendencia a la acomodación en la franja media-baja, con una significativa falta de excelencia y con una fracción de estudiantes en los niveles de competencia más bajos. También ponen de manifiesto la necesidad de mejora en otras competencias (lectura o matemáticas) e indican un estancamiento en el desarrollo de la competencia científica.

Esta problemática no ha pasado desapercibida a escala europea. La Comisión Europea ha lanzado iniciativas para fomentar el interés (como *Europe Needs More Scientists* o convocatorias destinadas a promover el interés de los jóvenes como el programa *Science in Society*). También se ha formado un grupo de expertos en didáctica de ciencias para discutir la necesidad de una renovación pedagógica a nivel europeo (*Science Education Now. A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*). Independientemente del éxito o acierto de estas iniciativas e informes (algunos han sido objeto de gran controversia), de ellos se destila el interés político y social que existe por la educación científica en Europa, situándola en el punto de mira.

Desde la didáctica de las ciencias europea también diversas voces críticas han alertado sobre los problemas asociados a la enseñanza de las ciencias tradicional y su influencia en la disminución del interés y calidad del aprendizaje, por ejemplo el Informe Nuffield (Osborne y Dillon, 2008). Aunque común a todo el sistema educativo, esta situación es más problemática, si cabe, en las etapas tempranas de la escolarización, puesto que las actitudes hacia la ciencia escolar de las y los jóvenes se desarrollan antes de los 14 años. El reto, por tanto, es conseguir un cambio didáctico profundo: desde metodologías de enseñanza tradicionales (en su mayoría meramente transmisivas de enormes cantidades de conceptos y teorías) hacia nuevas formas de enseñar ciencias más activas (cognitivamente) y participativas (socialmente relevantes). Así, en el aula de ciencias de primaria estos expertos sugieren que la actividad se centre en la construcción de las explicaciones clave del mundo material y de cómo funciona la ciencia, utilizando en lo posible metodologías indagativas y la experimentación práctica.

Esta forma de enseñar ciencias exige una alta formación en enseñanza de las ciencias y un conocimiento suficiente en contenidos científicos básicos por parte del profesorado de primaria. En este sentido, es un reto importante a los sistemas de educación y formación inicial de los Estados miembros, y en particular, de España. La formación del profesorado de primaria en nuestro país, aunque ha ido mejorando en extensión y profesionalización en las sucesivas reformas educativas, sigue siendo deficiente en contenidos científicos y no alcanza los niveles de formación ni especialización que se exigen en otros países. La oferta y demanda en formación continuada en ciencias resulta también escasa. Por otro lado, la falta de formación científica del alumnado parece tener menos impacto en la opinión pública que los déficits en asignaturas instrumentales como las matemáticas o las lenguas. Con todo, podría parecer que para políticos y políticas, educado-

res y educadoras y padres y madres la formación científica del alumnado en las edades tempranas no es un asunto de vital importancia, en contradicción con los problemas que se vislumbran en los análisis de resultados e interés de las y los estudiantes. En definitiva, la sociedad no parece consciente de que en la educación científica de los niños y niñas nos jugamos su futuro interés por la ciencia y su alfabetización científica.

Los científicos y científicas representados por la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE), como ciudadanos y ciudadanas de a pie pero también como personas interesadas en aumentar la cultura científica del país, no permanecen ajenos a esta situación. Es este el punto de partida del proyecto ENCIENDE y por ello se constituye la *Comisión de reflexión y estudio de la educación científica en edades tempranas en España*, reuniendo a personas expertas de los ámbitos social, científico y de la enseñanza de las ciencias. El objetivo al elaborar este informe es hacer pública su preocupación por esta situación, compartir un análisis en detalle de los diversos factores implicados en la misma, reflexionar sobre posibles soluciones, en particular sobre aquellas en las que la COSCE y los científicos y científicas pueden incidir directa o indirectamente, y ofrecer recomendaciones.

En este sentido, la Comisión ENCIENDE se propone, a través del Informe ENCIENDE y otras iniciativas futuras:

- Analizar la situación de la enseñanza de las ciencias en España en edades tempranas, en términos de oportunidades y problemas, enmarcándola a nivel internacional y nacional y explorando los factores que inciden en ella.
- Hacer consciente a la sociedad en general y a la comunidad política en particular de la importancia de una formación científica sólida de base para las edades más tempranas, en la que

Introducción

se cuente con el mejor profesorado y los mejores recursos materiales.

- Explorar el papel que la comunidad científica, y en particular la COSCE, puede tener en la educación científica formal e informal de los estudiantes, vía colaboraciones con la investigación educativa en ciencias, las instituciones de educación formal y no formal y los agentes sociales, entre otros.
- Elaborar una serie de recomendaciones dirigidas a los agentes principales de los tres sectores implicados (la enseñanza, la sociedad y la ciencia) para la mejora de la educación científica en edades tempranas en España.

Edades tempranas en el Informe ENCIENDE

En el Informe ENCIENDE utilizamos de forma voluntaria el ambiguo término de *edades tempranas* para referirnos a las etapas educativas en las que centramos nuestro interés. En este sentido, es nuestra intención no delimitar excesivamente la etapa educativa o franja de edad en la que pensamos se debe actuar para mejorar la enseñanza de las ciencias. Esto es así porque, si bien es cierto que el proyecto ENCIENDE nace del interés de enfatizar la importancia de las etapas de infantil y primaria para la enseñanza de las ciencias por la general falta de importancia que se la ha dado a esta etapa, también creemos que es básico tener en cuenta el continuo educativo. Por ello a lo largo del Informe se incluyen referencias a toda la etapa de enseñanza obligatoria, entendida como un continuo de los 3 a los 16 años, aunque el foco de atención más importante del informe hace referencia primordialmente a la etapa de enseñanza primaria de los 6 a los 12 años, y su extensión hacia el primer ciclo de secundaria de los 12 a los 14 años.

Estructura del Informe

El Informe ENCIENDE se estructura en dos partes diferenciadas.

La primera parte del Informe ENCIENDE, *La educación científica en edades tempranas en España: estado de la cuestión*, pretende contextualizar la situación actual de la enseñanza de las ciencias en España enmarcándola en el contexto internacional y europeo.

El estado de la cuestión se inicia con la presentación de la entrada en vigor de una enseñanza por competencias a escala internacional que, como consecuencia, implica una enseñanza de las ciencias sobre la base del concepto de competencia científica. Este nuevo marco, sin embargo, se encuentra con una estructura escolar que bebe aún de la herencia de muchos años y varias reformas educativas, con lo que su implementación choca con distintos factores que dificultan un correcto despliegue de una enseñanza de las ciencias competencial llevando a unos resultados escolares poco satisfactorios.

Una disminución de las horas dedicadas a las asignaturas de ciencias, una clara diferencia entre la enseñanza de ciencias llevada a cabo en primaria y aquella que se imparte en secundaria, en parte debido a los diferenciados perfiles de formación del profesorado en cada caso, o una ciencia escolar muy alejada de los intereses reales de todo el alumnado, obstaculizan enormemente el cambio educativo que requiere nuestra sociedad actual. Estos y otros factores son presentados en esta primera parte con el objetivo de ofrecer al lector una visión actualizada de lo que representa hoy en día la enseñanza de las ciencias.

Ampliando la presentación hecha en la primera parte, la segunda parte del Informe ENCIENDE, *Reflexiones y recomendaciones para una mejora de la educación científica en edades tempranas en España desde los sectores científico, social y de enseñanza de las ciencias*, recoge las aportaciones y reflexiones de varios expertos en los ámbitos de la enseñanza de las ciencias y la divulgación de las

ciencias, así como de científicos de COSCE, de la Comisión ENCIENDE, en relación con la enseñanza de las ciencias en edades tempranas.

Desde la *perspectiva de la enseñanza de las ciencias*, tres expertas en didáctica de las ciencias y enseñanza de las ciencias reflexionan sobre los retos que presenta el nuevo marco competencial de la educación. Cuestiones como los retos que plantea una efectiva alfabetización científica, desde una revisión de las metodologías y contenidos adecuados hasta un replanteamiento de los sistemas de evaluación, pasando por una reflexión sobre la formación del profesorado, son abordadas en este apartado que desemboca en una serie de recomendaciones encaminadas a mejorar nuestro sistema educativo.

En la misma línea, la *perspectiva social*, a cargo de un experto en el campo de la divulgación científica, ofrece una reflexión sobre el fomento de la cultura científica fuera del entorno de la educación formal. En ella se plantean opciones diversas en el ámbito de la divulgación científica desde una perspectiva de rigor y apertura, sin perder de vista pilares fundamentales para el caso de los niños y las niñas como son la involucración de la familia o la vinculación de científicos y expertos en didáctica para el desarrollo de actividades culturales de calidad. El planteamiento de alternativas de ocio, más allá de los necesarios museos de ciencia, con un claro enfoque científico o estructuradas propuestas para los

medios de comunicación desembocan en una lista de recomendaciones orientadas a la integración de la ciencia como parte de la cultura de nuestra sociedad, tal y como le corresponde.

En tercer lugar, la reflexión desde la *perspectiva científica*, llevada a cabo por miembros de la COSCE, recoge los planteamientos anteriores y los integra con la necesidad imperiosa de una apertura por parte de la comunidad científica hacia la sociedad. Justamente, aquellos que viven por y de la ciencia son los responsables de evitar que la sociedad vea esta actividad como algo ajeno a ella, lo que plantea acciones orientadas a mejorar la comunicación con la sociedad rompiendo visiones estereotipadas de los científicos y las científicas, sobre todo en actuaciones a edades tempranas. Revisiones sobre el papel de la comunidad científica en y para la sociedad, y en concreto para los que serán ciudadanos del futuro, son recogidas en esta reflexión generando varias propuestas de actuación.

Finalmente, el Informe ENCIENDE ofrece una *propuesta de recomendaciones transversales* que provienen de un esfuerzo de convergencia entre las propuestas de los diferentes sectores, y que pretenden delimitar líneas de actuación concretas.

Para acabar, el Informe cuenta con un apéndice en el que se describen algunos de los documentos más importantes en el ámbito de estudio de la enseñanza de las ciencias en edades tempranas en España.

Resumen ejecutivo de las propuestas ENCIENDE

El Informe ENCIENDE recoge propuestas y recomendaciones planteadas desde tres ámbitos de análisis sobre la enseñanza de las ciencias en edades tempranas: el ámbito educativo, el ámbito social y el ámbito científico, y las integra en cinco propuestas transversales. Estas pretenden orientar las reflexiones y actuaciones futuras en el ámbito, que se deberán

llevar a cabo conjuntamente por los científicos de COSCE y el resto de agentes implicados (profesores, padres, comunicadores, expertos en enseñanza de las ciencias), así como otros agentes e instituciones, en particular de la Administración pública.

Las propuestas transversales que el Informe ENCIENDE recomienda son:

PROPUESTA TRANSVERSAL 1

Señalar la necesidad de apoyar y potenciar una renovación de la enseñanza de las ciencias, no sólo de los contenidos o metodologías de aula, sino también del enfoque de la evaluación interna y externa, que ponga el acento en la aplicación de los contenidos en contextos diversos y relevantes.

PROPUESTA TRANSVERSAL 2

Señalar la necesidad de un replanteamiento de la formación del profesorado de ciencias en consonancia con la renovación de la enseñanza de las ciencias que se persigue. Este replanteamiento afecta tanto a la formación inicial como a la continuada, y es distinta para los profesores de las diferentes etapas educativas.

En el caso de los profesores de primaria, la necesidad de formación sobre enseñanza de las ciencias es de gran importancia, al identificarse una escasa formación en ciencias y, sobre todo, en didáctica de las ciencias en una etapa en la que los alumnos están especialmente dispuestos a aprender ciencias.

PROPUESTA TRANSVERSAL 3

Fomentar la cultura científica en España a través de la potenciación de acciones que impliquen el acercamiento de la ciencia a la sociedad, en particular, en el ámbito familiar y del ocio, así como de la comunicación científica.

Sería de gran utilidad la creación de un observatorio de la cultura científica estatal que identifique necesidades y oportunidades, monitorice y evalúe los resultados de las acciones y regule las buenas prácticas de comunicación científica social. El objetivo de proponer y priorizar actuaciones que vayan en la línea de aumentar la cultura científica en España, se basa en las necesidades reales de la sociedad actual.

PROPUESTA TRANSVERSAL 4

Promover la apertura de la comunidad científica a la sociedad en general y a los niños en edades tempranas en particular.

Los científicos de COSCE deberían estar especialmente abiertos y dispuestos a participar de primera mano en acciones que acerquen la ciencia a la sociedad, en particular a la población escolar, con el objetivo principal de ofrecer una visión no estereotipada del trabajo científico y de sus protagonistas.

PROPUESTA TRANSVERSAL 5

Crear, mantener y dinamizar un punto de encuentro entre los diversos agentes implicados en la educación y cultura científica, en particular de los niños en edades tempranas, que centralice, difunda y cohesione las diferentes iniciativas en el ámbito.

Esto se realizará a través de la creación de una plataforma online del proyecto ENCIENDE.

Iniciando la respuesta a las recomendaciones aquí expuestas y con el objetivo de integrar y visualizar las propuestas y acciones que se deriven de las mismas, el primer fruto de la iniciativa ENCIENDE es su Plataforma ENCIENDE como espacio de visualización, intercambio y promoción de acciones en la dirección de conectar la

ciencia y la escuela y mejorar la educación y cultura científica de los niños españoles, entre científicos, profesores, padres, comunicadores, expertos en enseñanza de las ciencias y otros agentes e instituciones.

<http://enciende.cosce.org/>

Informe ENCIENDE

Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar
para edades tempranas en España

PARTE 1

La educación científica en edades tempranas en España: estado de la cuestión

1.1 La importancia de la competencia científica en la sociedad actual

1.2 La enseñanza de las ciencias en España

1.3 El conocimiento social de la ciencia

Notas

Bibliografía



1.1 La importancia de la competencia científica en la sociedad actual

Las demandas del mundo actual, cada vez más diverso e interconectado, hacia sus ciudadanos han conllevado la necesidad de definir cuáles son las destrezas y conocimientos necesarios para que estos puedan participar activamente y con éxito en el funcionamiento de la sociedad.

Con este objetivo la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos) publicó en 2003, en el marco del proyecto *DeSeCo (Definition and Selection of Competencies)*, el informe *Las competencias clave para el bienestar personal, social y económico* (Rychen y Salganik, 2003).¹ Este informe recoge las competencias que deben permitir a los individuos adaptarse a un mundo caracterizado por el cambio, la complejidad y la interdependencia. Es decir, deben conferir a los ciudadanos las herramientas para formarse permanentemente, adaptándose a los cambios y disponiendo de aptitudes, capacidades y conocimientos tanto específicos como genéricos.

Dentro de estas competencias clave, que incluyen entre otras las competencias de comunicación, sociales y cívicas o de aprender a aprender, se encuentra la *competencia científica* o *alfabetización científica*. Una definición operativa de esta competencia, gestada en el seno también de la OCDE para la evaluación internacional de estudiantes es la definida en el programa *PISA (Programme for International Student Assessment)*¹ como la «capacidad de emple-

ar el conocimiento científico para identificar preguntas y extraer conclusiones basadas en hechos con el fin de comprender y de poder tomar decisiones sobre el mundo natural y sobre los cambios que ha producido en él la actividad humana».

Competencia científica:

«Capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar preguntas y extraer conclusiones basadas en hechos con el fin de comprender y de poder tomar decisiones sobre el mundo natural y sobre los cambios que ha producido en él la actividad humana.»

OCDE, 2003

En la misma línea, la Unión Europea publicó en 2006 la *Recomendación del Parlamento Europeo y del consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente* (EU, 2006b) en la cual se define como una de estas competencias clave la *competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología*, que agrega las competencias

matemáticas, tecnológica y científica, esta última con una definición acorde con la propuesta en PISA.

De acuerdo con lo expuesto, podemos concluir que, a escala internacional, existe consenso respecto la importancia de la competencia científica, que se presenta como esencial (clave, básica, condición *sine qua non*) para el desarrollo adecuado de los estudiantes (y ciudadanos) a lo largo de la vida. Destaca sobre estas ideas el reconocimiento global de que esta competencia científica no es importante solo o sobre todo para aquellos que acaban formando parte de la comunidad científica, sino para la totalidad de los ciudadanos. En este sentido, podemos decir que se plantea el marco competencial respecto de la competencia científica desde una perspectiva de alfabetización científica.

La competencia científica
no es importante solo o sobre todo para
aquellos que acabarán formando parte
de la comunidad científica, sino
para la totalidad de los ciudadanos,
como alfabetización científica.

Tomando en cuenta esta consideración y recogiendo la recapitulación hecha por Sjøberg (1997), podríamos resumir los argumentos para promover la alfabetización científica en:

- *El argumento práctico:* vivimos en una sociedad basada en la ciencia y la tecnología, por lo que la gente requiere una formación científica y tecnológica para poder interpretar y entender el mundo y poder actuar mejor.
- *El argumento de ciudadanía:* la mayoría de retos a los que se enfrenta la sociedad actualmente están relacionados con la ciencia, por lo

que la toma democrática de decisiones requiere un conocimiento científico por parte de los ciudadanos.

- *El argumento cultural:* la ciencia es un elemento importante de la cultura, que influye nuestra visión del mundo y nuestra forma de pensar, permitiéndonos conocer mejor lo que nos rodea.
- *El argumento económico:* es necesario que la fuerza de trabajo tenga conocimientos sobre la ciencia y la tecnología para adaptarse a la competitividad internacional y garantizar el desarrollo económico de los países.

Así, podemos afirmar que la importancia de la educación científica recae en dos ejes diferenciados: el económico-laboral y el sociocultural.

Sobre el primero, estudios como el publicado por la Comisión Europea *Europe Needs More Scientists* (EC, 2004) ponen de manifiesto los esfuerzos de los gobiernos europeos por convertir Europa en el territorio con la más competitiva y dinámica economía basada en el conocimiento del mundo. Este esfuerzo se tradujo en los objetivos marcados en las respectivas cumbres de Lisboa (2000) y Barcelona (2002) que, definiendo el desarrollo y el uso del conocimiento científico como clave para esta evolución, establecieron objetivos claros para la presente década en materia científica.

A pesar de ello, tal como se recogía en el anterior informe de la COSCE basado en el proyecto CRECE: *Acción CRECE. Comisiones de Reflexión y Estudio de la Ciencia en España* (COSCE, 2005), el número de investigadores por habitante en la Unión Europea es inferior al de Japón y Estados Unidos. En este contexto, España ostenta una posición ligeramente inferior a la de la Unión Europea, aunque con una clara tendencia al alza gracias a iniciativas estatales como el proyecto INGENIO 2010.²

Si buscamos las causas de esta situación desfavorable de España, el mismo informe apunta que: «En

el caso del sistema español de ciencia y tecnología, el objetivo de incrementar cualitativa y cuantitativamente los recursos humanos dedicados a la investigación se ven afectados por la escasa incentivación de la profesión investigadora, el reducido grado de investigación e innovación en las empresas españolas y el bajo nivel de formación científica de nuestros estudiantes» (pág. 47). En este sentido, desde el punto de vista económico-laboral, la educación científica se señala como preocupante.

Sin embargo, el mayor problema en nuestro país con respecto al marco competencial no es la falta de científicos formados o bien formados, sino la falta de ciudadanos mínimamente formados en ciencias. Con respecto al argumento sociocultural, en el que se defiende la esencialidad de que toda la ciudadanía (incluida la comunidad científica) posea niveles adecuados de competencia científica para afrontar los retos de una sociedad marcada por los cambios producidos por los avances científicos y tecnológicos, la situación de España adolece de una falta de cultura científica general. Como recogía el mismo informe *CRECE*, 2005 «la actitud de apertura ante la ciencia [en nuestro país] es más bien pasiva, sin correspondencia con el esfuerzo personal por interesarse e informarse acerca de la misma, y no ha ido acompañada de una visión de la ciencia como componente inexcusable de la cultura de la sociedad» (pág. 125).

La competencia científica es una competencia básica **para todos los ciudadanos**:

- Desde un punto de vista **económico-laboral**.
- Desde un punto de vista **sociocultural**.

Esta situación es grave por cuanto la competencia científica ha de permitir a la sociedad, en general, y a los individuos, en particular, enfrentarse de manera crítica y activa a los retos del futuro. Problemas científicos actuales como el cambio climático o la escasez de recursos energéticos requieren de la participación activa de la sociedad en una toma de decisiones de manera fundamentada. Sin embargo, parece que la sociedad española no alcanza los niveles deseados de esta competencia. Como veremos en apartados posteriores, la falta de cultura científica en la sociedad española no es solo una percepción de la comunidad de científicos y expertos: los resultados de nuestros estudiantes en las evaluaciones nacionales e internacionales, así como los estudios de interés por la ciencia, también señalan esta problemática.

Una sociedad que ve **las ciencias como un factor esencial en su formación y cultura** es el mejor apoyo para el desarrollo de una comunidad de científicos fuerte. Se hace, por tanto, necesario el desarrollo de iniciativas para **incrementar el conocimiento y el interés general de la sociedad por las ciencias**.

Esta situación pone de manifiesto la necesidad de desarrollar iniciativas para incrementar el conocimiento y el interés general de la sociedad por las ciencias, tanto por los beneficios individuales que puede suponer como por sus beneficios a nivel general. Sin duda, una sociedad que ve las ciencias como un factor esencial en su formación y cultura es el mejor apoyo para el desarrollo de una comunidad de científicos fuerte.

1.2 La enseñanza de las ciencias en España

El marco competencial y de alfabetización científica presentado plantea retos importantes a la enseñanza de las ciencias en nuestro país. Numerosas reformas educativas han caracterizado la evolución de la enseñanza obligatoria en España en los últimos cuarenta años. Desde la implantación de la educación obligatoria de los 6 hasta los 14 años, promulgada por la Ley General de Educación (LGE) en los años setenta, hasta el actual sistema educativo que contempla la enseñanza obligatoria hasta los 16 años, las ciencias han sido una de las asignaturas obligatorias en la totalidad de los correspondientes currículos. Las características de los contenidos, la dedicación horaria o el perfil de profesorado encargado de su enseñanza han ido evolucionando con la entrada de nuevas directrices. En este sentido, y en línea con las propuestas competenciales realizadas a nivel internacional para la enseñanza de las ciencias, la actual Ley Orgánica de Educación (LOE) de 2006 implicó el desarrollo de un nuevo currículo con el objetivo, entre otros, de mejorar los resultados de los estudiantes españoles en ciencias.

El presente apartado pretende ofrecer una visión del currículo actual y la incidencia en los resultados en ciencias de nuestros estudiantes de la enseñanza que se realiza, analizando factores importantes como el papel del profesorado o la motivación de los jóvenes por el estudio de las ciencias.

1.2.1 El currículo de ciencias

Respondiendo a las necesidades recogidas en el primer apartado en materia de enseñanza, las políticas educativas europeas han orientado el diseño de currículos que recogen el concepto de competencias clave basado en el proyecto DeSeCo anteriormente mencionado (Rychen y Salganik, 2003). Así, en 2006, el Parlamento Europeo presentó una Recomendación en el seno del programa de trabajo Educación y Formación 2010, que recogía en un anexo el marco que debían regir las políticas educativas europeas: *Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo. Anexo a la Recomendación del Parlamento Europeo y del consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente* (EU, 2006a), estableciendo ocho competencias clave entre las que se incluye la competencia en ciencias.

En España, con la entrada en vigor de la LOE en 2006, se introduce por primera vez la idea de las competencias básicas en el currículo español, como adaptación de las competencias clave propuestas por la Comisión Europea. En el caso de España la competencia científica se separa de la matemática y, recogida con el nombre de *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*, se define como «(...) habilidad para interactuar con el

mundo físico, tanto en sus aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de tal modo que se posibilita la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de los seres vivos. (...) incorpora habilidades para desenvolverse adecuadamente, con autonomía e iniciativa personal en ámbitos de la vida y del conocimiento muy diversos (salud, actividad productiva, consumo, ciencia, procesos tecnológicos, etc.), y para interpretar el mundo, lo que exige la aplicación de los conceptos y principios básicos que permiten el análisis de los fenómenos desde los diferentes campos del conocimiento científico involucrados» (Ley Orgánica de Educación 2/2006).

Para adquirir esta competencia científica el currículo incluye materias de contenido científico a lo largo de la escolaridad de los estudiantes. La figura 1.1 resume la estructura del currículo actual en España³ para la educación obligatoria, tanto de primaria como de secundaria, detallándose las diferentes áreas de conocimiento que inciden especialmente en el desarrollo de la competencia científica (indicada como CC).

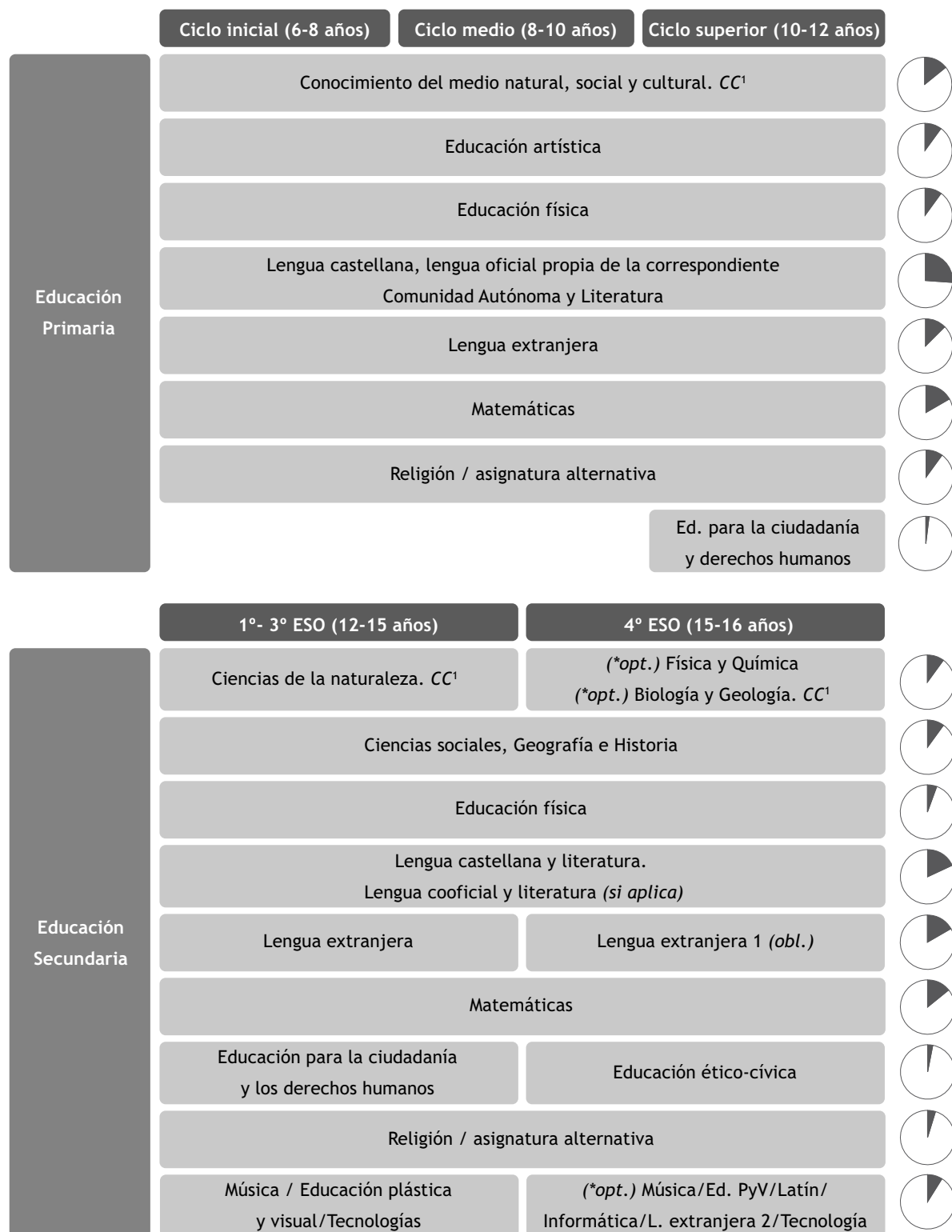
En la etapa de educación primaria las ciencias representan casi un 7 % del espacio curricular y no se consideran áreas de conocimiento instrumental del mismo nivel que matemáticas o lenguaje, a diferencia de cómo se consideran en influyentes programas de evaluación competencial internacional como PISA, de la OCDE.

Tal como se refleja en la figura 1.1, en primaria la competencia científica se trabaja conjuntamente

con contenidos del área de sociales, en la asignatura denominada *Conocimiento del medio natural, social y cultural*. Durante esta etapa, el área de conocimiento de ciencias no es considerada un área instrumental o básica, como lo son las lenguas o las matemáticas, lo cual perjudica la dedicación horaria a la adquisición de la competencia científica. Con prácticamente un 7 % del total de horas lectivas (la mitad del 15 % que representa la asignatura de *Conocimiento del medio*), las ciencias se encuentran muy por debajo del 17 % que suponen las matemáticas o el 38 % que pueden llegar a representar las lenguas (dependiendo del número de lenguas co-oficiales). Esto contrasta, como veremos más adelante, con el tratamiento que reciben las ciencias en programas internacionales como el citado programa PISA, donde estos tres ámbitos se consideran de la misma importancia y se evalúan, rotativamente, por igual. Según la OCDE, PISA evalúa la adquisición de los estudiantes de aquellos conocimientos y destrezas que son esenciales para una completa participación en la sociedad, y eso supone no solamente ser capaz de leer y escribir, sino de estar formados en matemáticas así como en ciencias y tecnología. (OCDE, 2000)

En el caso de secundaria, las asignaturas correspondientes a la competencia científica son obligatorias solo hasta cuarto de secundaria, curso en que las asignaturas de *Física y Química* y *Biología y Geología* pasan a ser optativas, por lo que se detecta una ligera disminución de las horas dedicadas a la enseñanza de las ciencias en secundaria respecto a currículos anteriores.

En los cursos en los que las ciencias son obligatorias, es decir, de primero a tercero de la ESO, estas representan un 18 % del total de las horas lectivas y si tenemos en cuenta toda la secundaria obligatoria (incluido el cuarto curso), para aquellos alumnos que no escojan cursar las ciencias optativas de cuarto, su formación en ciencias supondrá solo el 14 % del total de horas lectivas.



¹ CC: Competencia Científica.
(*opt.): 3 a escoger.

FIGURA 1.1. Estructura del currículo Español vigente.

Fuente: Ministerio de Educación. R.D. 1513/2006 y R.D. 1631/2006.

A pesar de esta reducción de horas destinadas a las asignaturas de ciencias, esta no ha ido acompañada de una revisión de la extensión de los contenidos a impartir (Aleixandre y Sanmartí, 1995), lo cual plantea un serio reto al profesorado de estas asignaturas y una desvirtuación del objetivo de alfabetización científica, centrada en los contenidos centrales y básicos.

En la educación secundaria la presencia de las ciencias es mayor (aprox. un 18 %). Sin embargo, la **disminución de horas** destinadas a las asignaturas de ciencias de los últimos cambios curriculares no ha ido acompañada de una revisión de la extensión de los contenidos a impartir.

En relación con esta estructura curricular cabe subrayar el hecho que, mientras para primaria se trata de una estructura general en toda Europa, impartándose las ciencias como una asignatura integrada, en el caso de secundaria la naturaleza mixta del currículo español no responde a la tónica general del resto de Europa. Mientras que España presenta para secundaria un enfoque en qué las ciencias se tratan tanto de forma integrada como dividida en disciplinas, para el resto de Europa se presentan las distintas disciplinas de ciencias como asignaturas separadas (Eurydice, 2006).

Centrándonos en la naturaleza del currículo y siguiendo con la comparativa europea, se podría decir que la mayoría de currículos de ciencias tanto de primaria como de secundaria hacen referencia a una ciencia en contexto, tanto en términos de historia de la ciencia como cuestiones sociales del momento relacionadas con la ciencia. En el caso de España esta

ciencia en contexto se centra básicamente en el segundo de estos enfoques, es decir, en el trabajo en relación con temas contemporáneos y sociales en los que la ciencia tiene un papel importante, mientras que el aspecto histórico de la ciencia parece no tenerse en cuenta.

En cuanto a los enfoques recogidos en estos currículos, entendidos no solo como áreas de conocimiento o conceptos, sino también como actividades específicas a llevarse a cabo y resultados de los estudiantes esperados, es también interesante ver qué diferencias existen entre primaria y secundaria.

Según los datos recogidos en el informe *Science Teaching in Schools in Europe. Policies and Research* (Eurydice, 2006), en general, en Europa los currículos oficiales para la etapa de primaria contemplan mayoritariamente actividades que implican la formulación de problemas expresados en términos científicos, el trabajo experimental así como actividades fuera del centro (visitas a museos o empresas, trabajos de campo...), mientras que en secundaria, además de todas estas, se consideran también actividades que impliquen la discusión de temas contextualizados, es decir, de la ciencia en sociedad, el uso de documentación científica y las tecnologías electrónicas y la realización de proyectos relacionados con la ciencia.

Sin embargo, pese a que en el currículo español también señala una amplia selección de actividades, estas no siempre son llevadas a cabo en las aulas. Según el informe *Evaluación nacional de actitudes y valores hacia la ciencia en entornos educativos* (Pérez, 2005), de las diversas actividades posibles a realizar dentro de la enseñanza de las ciencias (prácticas de laboratorio y visitas o actividades de campo, entre otras), el 60 % del alumnado encuestado expresó que no las realizaban, recibiendo todos los contenidos mediante la explicación teórica del profesor y evaluando sus conocimientos mediante la resolución de ejercicios numéricos. Este diagnóstico también se recoge en el estudio de Pro (de Pro, 1999) según el

cual se detecta un bajo número de actividades que impliquen algún tipo de material de laboratorio, ya sea a través de la manipulación directa de los alumnos en pequeño grupo o en experiencias magistrales. Desafortunadamente, esta realidad contrasta ampliamente no solo con las directrices curriculares, sino con las recomendaciones a nivel de investigación didáctica.

Un influyente aunque controvertido ejemplo es el Informe Rocard *Science Education Now. A renewed pedagogy for the future of Europe* (EC, 2007) en el que se aboga por un cambio sustancial a nivel didáctico en la dirección que hace ya tiempo los estándares educativos de Estados Unidos han venido señalando en el *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning* (NRC, 2000). Este enfoque de enseñanza de las ciencias enfatiza la idea de enseñanza de las ciencias centrada en la indagación (IBSE o *Inquiry-Based Science Education* por sus siglas en inglés) y está teniendo mucha influencia en los programas de investigación e innovación financiados por la comunidad europea, sobre todo en el 7.º Programa Marco.

A pesar de las diferentes visiones del enfoque de enseñanza de las ciencias por indagación presente en la literatura experta y, sobre todo, de las limitaciones que una visión reduccionista del mismo puede tener, hay consenso entre las voces expertas respecto que una enseñanza de las ciencias tiene que ser más auténtica respecto de la práctica científica en el aula, incluyendo investigaciones guiadas y abiertas pero sin olvidar la importancia del aprendizaje conceptual para apropiarse de las explicaciones centrales de la ciencia, a partir del uso del lenguaje y argumentación científico (Osborne y Dillon, 2008). En ese sentido, no se trata de abandonar una enseñanza esencialmente factual y reproductiva por otra meramente manipulativa, sino de conjuntar la exploración de los fenómenos y la indagación con la conceptualización de las grandes ideas (que no los detalles o el vocabulario) de la ciencia.

La enseñanza de las ciencias, en particular, a nivel de primaria, es esencialmente factual y reproductiva: hay pocos espacios para la exploración de los fenómenos y la indagación, así como para la conceptualización de las grandes ideas (que no los detalles o el vocabulario) de la ciencia.

Para finalizar, simplemente apuntar que la historia de la enseñanza en España (y en particular la de ciencia) se ha caracterizado por un enfoque básicamente centrado en la preparación de futuros profesionales, lo que se tradujo en una enseñanza muy especializada, principalmente en los últimos cursos, solo al alcance de algunos pocos. La herencia de esta tradición sigue presenta aún hoy en día en nuestras aulas, por lo que no es de extrañar que algunos expertos planteen que «los cursos de ciencias cuyo objetivo principal es el de proporcionar formación básica para futuros científicos e ingenieros debería ser opcional» (Osborne y Dillon, 2008, pág. 8).

Si el objetivo principal de la enseñanza de las ciencias es asegurar una sociedad alfabetizada científicamente, estos enfoques son los que deberían guiar todas las iniciativas en materia de educación en ciencias pues, como veremos en el siguiente apartado, los resultados de los estudiantes españoles distan de ser satisfactorios, planteando ciertas cuestiones y retos para el futuro.

1.2.2 Resultados de la enseñanza de ciencias en primaria y secundaria

La importancia que representa la educación para el desarrollo y crecimiento de los países ha llevado,

como hemos visto, a una focalización por parte de las políticas de los mismos en la mejora de sus sistemas educativos. Para llevar a cabo estas mejoras, se revela necesario disponer de una valoración del rendimiento educativo del país como punto de partida de las políticas a establecer. En este sentido, a continuación comentamos los resultados de los estudios en materia de competencia científica según las evaluaciones internacionales y nacionales más relevantes.

1.2.2.1 Resultados en secundaria

El estudio PISA, lanzado por la OCDE en 1997 e implantado en el año 2000, tiene como objetivo medir el rendimiento educativo de los alumnos y alumnas de 15 años en áreas consideradas clave, como son la competencia lectora, la matemática y la científica. Este estudio se repite cada tres años, profundizando cada año en una de las tres áreas específicas.

Los resultados del último informe, publicado recientemente y correspondiente a las pruebas realizadas en 2009 (OCDE, 2010), ponen de manifiesto que el nivel de ciencias de los estudiantes en España es significativamente menor que el de la media del resto de países, situándose 13 puntos por debajo de la media de la OCDE (488 respecto a 501 puntos, respectivamente; ver Tabla 1.1) y a 87 puntos de la máxima puntuación obtenida por país.

TABLA 1.1. Resultados globales sobre competencia científica en el informe PISA. Comparativa España

Competencia científica	
España	488
Promedio OCDE	501

Fuente: PISA 2009.

Además, destaca el hecho que el porcentaje de alumnado situado en los niveles altos de la competencia científica (el estudio establece hasta seis niveles de competencia, siendo el nivel 2 el que define el nivel base competencial) está casi 5 puntos por debajo del promedio del resto de países participantes.

A pesar de que estos resultados no pueden considerarse excesivamente negativos en cuanto a la posición de España, no podemos perder de vista que se trata de unos resultados relativos, basados en el promedio total de los países encuestados. Es decir, España se sitúa a un nivel casi idéntico que el del resto de los países, pero eso no significa que este sea un nivel adecuado. Para determinar cuál es el nivel de competencia cualitativo de los estudiantes (qué sabrían y no sabrían hacer, en promedio), debemos analizar los datos obtenidos en referencia a los niveles de los estudiantes en base a los seis niveles de rendimiento establecidos por el informe PISA. A modo de resumen, la tabla 1.2 recoge la descripción de niveles representativos de cada franja de rendimiento (bajo, medio y alto).

Sobre la base de estos niveles, podemos diagnosticar que España presenta un doble problema. Por un lado, existe un elevado grupo de alumnado que se encuentra en el nivel más bajo, nivel 1, o por debajo. En concreto, un total del 18 % del alumnado español se encuentra en este rango, al mismo nivel que el promedio OCDE (18 %). En el otro extremo, solo un 4 % se sitúa en los niveles considerados altos, bastante por debajo del resto de países (9 % promedio OCDE). El resto de alumnado, el 78 %, se encuentra en los niveles medios (principalmente en los niveles 2 y 3), representando un porcentaje ligeramente superior al promedio OCDE (74 %). La tabla 1.3 recoge estos resultados de manera comparativa.

En el caso del informe realizado en el año 2006 (OCDE, 2007), el área central analizada fue precisamente el área de ciencias, evaluándose los rendi-

TABLA 1.2. Definición de niveles de competencia científica establecidos por el informe PISA*

Nivel	Lo que el alumnado es capaz de hacer en cada nivel
Rendimiento alto (Nivel 6 de PISA)	Los alumnos y las alumnas pueden, de forma consistente, identificar, explicar y aplicar su conocimiento científico y su conocimiento sobre la ciencia a una variedad de situaciones vitales complejas. Pueden enlazar fuentes de información y explicaciones diferentes, y emplear la evidencia que emerge de esas fuentes para justificar sus decisiones. De forma clara y consistente, demuestran un razonamiento científico avanzado, y están dispuestos a emplear su comprensión científica para respaldar las soluciones planteadas a situaciones desconocidas en los ámbitos científico y tecnológico. El alumnado en este nivel es capaz de usar su conocimiento científico y desarrollar argumentos que apoyen recomendaciones y decisiones centradas en situaciones personales, sociales o globales.
Rendimiento medio (Nivel 4 de PISA)	Los alumnos y las alumnas son capaces de enfrentarse de forma eficaz con situaciones y temas sobre fenómenos explícitos que les obliguen a hacer inferencias sobre el papel de la ciencia o de la tecnología. Pueden seleccionar e integrar explicaciones de diferentes dominios de la ciencia o de la tecnología y enlazar esas explicaciones con aspectos reales de la vida. El alumnado en este nivel puede reflexionar sobre sus acciones y comunicar sus decisiones empleando su conocimiento científico y la evidencia.
Rendimiento bajo (Nivel 1 de PISA)	Los alumnos y las alumnas tienen un conocimiento científico tan limitado que solo pueden aplicarlo a unas determinadas situaciones familiares. Pueden ofrecer explicaciones científicas que son obvias y se siguen explícitamente de una evidencia dada.

* Se recoge solo un nivel representativo de cada grado de rendimiento: bajo (nivel 1 o menor), medio (niveles 2, 3 y 4) y alto (niveles 5 y 6).

Fuente: PISA 2006.

Según los resultados de PISA 2009, España se sitúa, para la competencia científica, al mismo nivel global que el promedio de la OCDE. Los datos indican que solo un 4 % de los estudiantes españoles alcanza los niveles más altos de la competencia y un 18 % de estudiantes no alcanza los niveles mínimos de competencia.

mientos de cada país y los niveles del alumnado en referencia a su alfabetización científica. Para ello se analizó la capacidad de los estudiantes para identificar problemas científicos, explicar fenómenos científicamente y utilizar pruebas científicas. Es decir, se evaluó no solo los conocimientos de ciencia del alumnado sino también sus conocimientos sobre la ciencia.

En el caso de España, los resultados de este informe pusieron de manifiesto que, a nivel global, y como sucede en el último informe ya comentado, nuestro país se sitúa ligeramente por debajo del total de la OCDE (488 puntos respecto al promedio

TABLA 1.3. Resultados por niveles de competencia científica de los estudiantes, a partir del informe PISA. Comparativa España

	Niveles 1 y <1	Niveles 2, 3 y 4	Niveles 5 y 6
España (%)	18	78	4
Promedio OCDE (%)	18	74	8

Fuente: PISA 2009.

OCDE de 498 puntos), sin diferencia significativa aunque a gran distancia del país mejor posicionado. En cuanto a los niveles, el perfil obtenido en 2006 fue muy similar al recogido en las últimas pruebas.

Siguiendo con el estudio de 2006, focalizado en la evaluación de la competencia científica, podemos profundizar en algunos aspectos que merecen especial mención respecto a las respuestas del alumnado español. Así, destaca el hecho que nuestros estudiantes parecen alcanzar unos niveles aceptables, comparado con los promedios de la OCDE, en aspectos como la capacidad de explicar científicamente fenómenos pero no lo hacen en tareas como identificar cuestiones científicas y menos aún en utilizar las pruebas científicas. En cuanto a los conocimientos de ciencia, para los cuales PISA evalúa si los estudiantes entienden los conceptos y teorías básicas de la ciencia en áreas principales como sistemas físicos, sistemas vivos, tierra y sistemas del espacio y sistemas tecnológicos, España destaca negativamente, en particular en el área de conocimiento de los sistemas físicos.

1.2.2.2 Resultados en primaria

Son muchos los estudios, como veremos más adelante, que destacan la importancia del aprendizaje de las ciencias en los primeros cursos de escolarización. A pesar de ello, los estudios internacionales

tienden a centrarse en los cursos superiores, principalmente secundaria, a la hora de evaluar los niveles de rendimiento de los estudiantes, puesto que es este el nivel mínimo que se espera de la población (el final de la enseñanza obligatoria).

Existen, sin embargo, algunos estudios realizados a escala estatal que pretenden evaluar parámetros muy similares a los del informe PISA. Hablamos de estudios como la *Evaluación general de diagnóstico 2009. Educación Primaria. Cuarto curso* (IE, 2010) realizada por el Instituto de Evaluación y que tiene como objetivo evaluar las competencias básicas del alumnado de cuarto curso de primaria.

Este estudio se realizó entre una muestra del alumnado de cuarto de primaria de todas las Comunidades Autónomas, así como de Ceuta y Melilla, evaluándose las competencias de comunicación lingüística, matemática, conocimiento e interacción con el mundo físico y la social y ciudadana. En referencia a la competencia científica, que aquí nos ocupa, la evaluación se hizo de forma muy similar al estudio PISA estableciéndose, en este caso, cinco niveles de rendimiento en lugar de seis (tabla 1.4)

Tal como sucedía con el alumnado de secundaria, el perfil de los niveles del alumnado tiende a concentrarse en los niveles medios (2, 3 y 4), en este caso de forma casi equitativa en cada uno de los niveles, presentando un alto porcentaje (alrededor del 16 %) en los niveles bajos y un porcentaje residual en los niveles altos (solo un 7 %). La tabla 1.5 recoge estos resultados.

TABLA 1.4. Definición de niveles competencia, conocimiento e interacción con el mundo físico establecidos por el informe del Instituto de Evaluación*

Nivel	Lo que el alumnado es capaz de hacer en cada nivel
Rendimiento alto (Nivel 5 de IE)	<p>Los alumnos y las alumnas además de los conocimientos y destrezas de niveles anteriores, son capaces de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – identificar y reconocer las peculiaridades de los grupos más importantes de seres vivos e identificar sus principales funciones, – reconocer la importancia de la sostenibilidad del equilibrio ecológico y la necesidad de adoptar actitudes respetuosas con el medio, – analizar las partes principales de objetos y máquinas y las funciones de cada una de ellas, y – elaborar y comunicar conclusiones a partir de datos en situaciones vitales complejas para justificar decisiones.
Rendimiento medio (Nivel 4 de IE)	<p>Los alumnos y las alumnas, además de los conocimientos y destrezas de los niveles anteriores, pueden:</p> <ul style="list-style-type: none"> – valorar la importancia de la utilización responsable de las fuentes de energía, – identificar y clasificar animales y plantas según criterios científicos y representar gráficamente las relaciones tróficas establecidas entre los seres vivos de un ecosistema cercano, – valorar los principales usos que las personas hacen de los recursos naturales señalando ventajas e inconvenientes, – describir algunos fenómenos naturales relacionados con los movimientos relativos entre la Tierra y el Sol, y ordenar temporalmente algunos hechos relevantes del entorno próximo, y – obtener información relevante sobre hechos o fenómenos previamente delimitados en casos relativamente complejos, reconocer las características clave de la indagación científica, interpretar pruebas científicas en investigaciones sencillas, y extraer, elaborar y comunicar conclusiones a partir de datos en situaciones vitales relativamente complejas.
Rendimiento bajo (Nivel 1 de IE)	<p>Los alumnos y las alumnas tienen capacidad para:</p> <ul style="list-style-type: none"> – relacionar la energía con sus usos habituales en la vida cotidiana y poner ejemplos de usos prácticos de la energía en el entorno próximo, – identificar y clasificar animales relevantes de su entorno con criterios elementales, – identificar hábitos de alimentación y poner ejemplos asociados a la higiene y a la alimentación equilibrada, – identificar los principales factores del medio físico, e identificar, a partir de ejemplos de la vida diaria, algunos de los principales usos que las personas hacen de los recursos naturales, – identificar la diversidad de máquinas en el entorno próximo, e – identificar palabras clave para buscar información elemental relacionada con el mundo físico o su interacción con él.

* Se recoge solo un nivel representativo de cada grado de rendimiento: bajo (nivel 1 o menor), medio (niveles 2, 3 y 4) y alto (nivel 5).

Fuente: Instituto de Evaluación, 2010.

TABLA 1.5. Niveles de competencia científica de estudiantes de 4.º curso de primaria. Diagnóstico 2009

	Niveles 1 y <1	Niveles 2, 3 y 4	Nivel 5
Promedio España (%)	17	75	8
Total España (%)*	16	77	7

* Cada comunidad autónoma tiene el peso que le corresponde según el número alumnado que tiene matriculado en 4.º curso de Educación Primaria.

Fuente: Instituto de Evaluación, 2010.

En cuanto a los procesos, los resultados difieren un poco de los de PISA, apuntando que el alumnado está más familiarizado con la identificación de fenómenos científicos que con su explicación. Sin embargo, la utilización de pruebas científicas sigue siendo el proceso cuya adquisición está menos presente entre el alumnado de esta edad.

Respecto al conocimiento sobre la ciencia, denominado en el estudio como *Investigación y explicación científica*, este presenta unos resultados relativamente negativos. Por tanto, el alumnado tiene mayores conocimientos y destrezas relacionados con el conocimiento del mundo físico que con su interacción con él. Es decir, en línea con los perfiles de nivel de rendimiento, podríamos decir que los estudiantes de cuarto de primaria españoles tienen los conocimientos científicos necesarios pero no los saben aplicar.

Los resultados obtenidos en **primaria** a través de estudios nacionales de nivel de competencia son **muy similares** a los de secundaria: **la mayoría de estudiantes tiene un nivel de competencia científica medio**, existe una **destacable falta de estudiantes en la franja alta** y un **16 % se sitúa en los niveles más bajos**.

1.2.2.3 Resultados según género

Finalmente, y de forma general, creemos necesario hacer especial mención al impacto del género en los resultados comentados. Fruto de la preocupación existente por la equidad entre géneros en educación, especialmente en las áreas científico-tecnológicas, son muchos los análisis que se han hecho desde esta perspectiva, como por ejemplo el informe *Equally prepared for life? How 15-year-old boys and girls perform in school* (OCDE, 2009a). En base a estos, y como veremos en los resultados que se detallan a continuación, a diferencia de lo que ocurre en matemáticas o en comprensión lectora, las diferencias de rendimiento en ciencias, según género para el alumnado español, no son suficientemente significativas.

A nivel de secundaria, entre los países pertenecientes a la OCDE, los datos de PISA 2009 revelan que, en promedio, no existe diferencia entre los chicos y las chicas en cuanto a la competencia científica. En el caso de España, la diferencia apenas llega a 9 puntos a favor de los chicos, diferencia ampliamente inferior a los 19 puntos, también favorables para los chicos, en el caso de las matemáticas y los 29 puntos, favorable a las chicas, en el caso de la comprensión lectora.

En el caso de primaria, la tendencia es muy similar, pues si tomamos como referencia la *Evaluación general de diagnóstico* (IE, 2010) mencionada ante-

riormente, no hay diferencia significativa entre chicos y chicas, situándose esta en solo 2 puntos.

En el caso español no se detectan diferencias suficientemente significativas entre los niveles de competencia científica de chicos y chicas ni en primaria ni en secundaria.

A pesar de los esfuerzos que, como hemos visto en el anterior apartado, realizan los gobiernos europeos y nacionales para garantizar una educación científica de calidad, los resultados obtenidos en las pruebas competenciales ponen de manifiesto un cierto fracaso de las mismas. Basándonos en estos resultados parece necesario analizar qué percepción tienen los jóvenes de las asignaturas de ciencias así como qué papel desempeñan los maestros y maestras, profesores y profesoras que imparten estas asignaturas, ya que suficiente interés y calidad de profesorado son dos factores clave (e interrelacionados) en el aprendizaje de ciencias del alumnado.

Los siguientes apartados tratan de dar respuesta a estos interrogantes, ofreciendo una visión de cuál es la situación en nuestro país y cuáles pueden ser sus implicaciones.

1.2.3 Percepciones de los jóvenes sobre la ciencia en la escuela

Son muchas las evidencias que demuestran una disminución gradual del interés de los estudiantes de países desarrollados, entre ellos España, por el estudio de las ciencias, en particular las ciencias físico-químicas. Este desinterés se manifiesta tanto en la edu-

cación obligatoria como en la posterior elección de estudios universitarios de ciencias que, según el informe *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies* (OCDE, 2006), presenta una tendencia a la baja con un porcentaje relativo respecto al total de matriculados y graduados cada vez menor.

Esta situación concuerda con estudios como los realizados en el marco del proyecto ROSE (*the Relevance of Science Education*), que evalúan a escala internacional los factores que influyen en las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias y la tecnología y sus motivaciones para aprender estas asignaturas. Basándose en parte en los estudios especiales del Eurobarómetro, como por ejemplo *Europeans, science and technology* (EC, 2005a), *Social values, Science and Technology* (EC, 2005b), *Young people and science* (EC, 2008) o *Science and Technology* (EC, 2010), los estudios ROSE evalúan las visiones y actitudes hacia la ciencia en la escuela, la comunidad científica y las expectativas de futuro de los estudiantes de 15 años.

Los resultados de este proyecto (Sjøberg y Schreiner, 2010) son poco alentadores en relación con el interés de los alumnos y alumnas que cursan los últimos cursos de educación secundaria obligatoria. De forma resumida, los estudios concluyen que, a pesar de existir una percepción positiva de las ciencias y la tecnología en general, el alumnado encuestado no valora positivamente las asignaturas de ciencias (la ciencia que se enseña en la escuela), destacándose además un bajo interés por los temas relacionados con las ciencias y la tecnología en aquellos países que presentan un mayor nivel de desarrollo, siendo los aspectos que a menudo se encuentran en los currículos y en los libros de texto los peor valorados. En paralelo, se destaca también una tendencia de los estudiantes a presentar cierto grado de escepticismo respecto a la ciencia.

Así por ejemplo, para el caso de España,⁴ mientras que entre un 80 % y un 90 % del alumnado considera que la ciencia y la tecnología son impor-

tantes para la sociedad y que pueden hacer que la vida sea más saludable, fácil y confortable, menos de un 50 % afirma sentirse más atraído por las asignaturas de ciencias que para el resto de asignaturas o reclama disponer de más horas de clase de ciencias. En la misma línea, menos de un 40 % piensa que las ciencias de la escuela les hayan abierto los ojos para nuevos y excitantes trabajos. Por otro lado, menos de un 60 % de los estudiantes considera que los beneficios que ofrece la ciencia son mayores que los efectos nocivos que esta puede conllevar, perfilándose así la tendencia al escepticismo apuntada anteriormente, con el preocupante diagnóstico de otros estudios que confirman que cuanto mejor es el resultado en ciencias, menor es la actitud positiva hacia ella (IES, 2008)

Por su parte, PISA 2006 evaluó también la actitud de los estudiantes hacia las ciencias, recogiendo información sobre la valoración que hacen los estudiantes a nivel general y personal. Así, mientras a nivel general la valoración es muy positiva, solo un 54 % considera que la ciencia pueda ser muy relevante a nivel personal. Para España, los resultados obtenidos son muy similares a los globales.

Todo ello conduce a una falta de motivación de los estudiantes en relación con el estudio de las ciencias y la tecnología y, como consecuencia, una falta de interés por la cultura científica y para seguir aprendiendo ciencias a lo largo de la vida, así como de vocación para ejercer como científicos o trabajar en un ámbito relacionado con la ciencia y la tecnología.

Merece una mención aparte la influencia del género en la motivación de los estudiantes. Según el estudio ROSE (Sjøberg y Schreiner, 2010), las motivaciones de las chicas no son las mismas que las de los chicos, siendo las de estos más próximos a los contenidos recogidos en los currículos y detectándose una marcada preferencia por unos temas u otros en función del género (en general, temas relacionados con la biología son mejor valorados por las

chicas que otros aspectos vinculados a la química o la física). Se percibe, además, una peor concepción por parte de las chicas hacia sus habilidades en ciencias y, según recoge el estudio *Equally prepared for life? How 15-year-old boys and girls perform in school* (OCDE, 2009a) existen marcadas diferencias entre las expectativas de las chicas y las de los chicos con relación a continuar con una carrera científica a la edad de 30 años, siendo menor el interés de las primeras por ejercer un trabajo relacionado con las ciencias o a emprender estudios en estas materias.

Estudios realizados para evaluar los factores que influyen en las **actitudes de los estudiantes hacia las ciencias y tecnología y sus motivaciones** para aprender estas asignaturas ponen de manifiesto que en España, como en muchos otros países:

- Existe una **buena imagen general** de la ciencia.
- Esta contrasta con la **peor percepción de la ciencia en la escuela**.
- Se detecta un incremento del **escepticismo respecto a la ciencia**.

Buscando posibles causas para todos estos resultados, el informe de la Fundación Nuffield *Science Education in Europe: Critical Reflections* (Osborne y Dillon, 2008) apunta a dos factores que podrían explicar esta falta de interés general por el estudio de las ciencias en la escuela: por un lado, los y las estudiantes se encuentran con un rango mayor de asig-

naturas entre las que elegir; por otro, teniendo en cuenta que es en la adolescencia cuando se forma la identidad de la persona, la elección de las asignaturas responde a los valores e ideales que el adolescente se está creando. En este sentido, la ciencia escolar no parece haber hecho mucho para potenciar ciertos valores e ideales de la cultura de los jóvenes. El mismo informe apunta que sería necesaria una nueva visión sobre la importancia de la enseñanza de las ciencias, ofreciendo una mejor idea sobre a qué carreras da acceso y porqué el estudio de estas vale la pena y puede ser gratificante.

alumnado debe decidir involucrarse en mayor medida en el estudio de las ciencias.

A escala estatal, existen experiencias que confirman el descenso de la motivación del alumnado hacia el estudio de las ciencias a medida que se avanza de curso, situándose los cambios más importantes respecto a la percepción de ciencias entre 6.º de Primaria y 1.º de ESO y entre 1.º y 2.º de ESO. Esta evolución lleva a una percepción de las ciencias, al final de la educación obligatoria, más negativa a nivel de dificultad, interés y relación con la vida cotidiana (Marbà-Tallada y Márquez, 2010).

La falta de conexión entre la ciencia escolar y la realidad de los jóvenes, así como la desinformación sobre la importancia de las ciencias para un amplio rango de carreras es uno de los factores causantes del desapego y infravaloración de los estudiantes por las asignaturas de ciencias.

Recientes estudios han demostrado que el alumnado desarrolla su interés por los estudios de ciencias antes de los 14 años y que el interés por la ciencia en la escuela disminuye a medida que se va avanzando en las etapas educativas.

Una de las cuestiones que se pueden plantear a la vista de esta situación es qué edad es la mejor para atraer a los y las jóvenes hacia el estudio de las ciencias, haciéndose necesaria una reflexión sobre la motivación y la influencia de la formación científica a edades tempranas. Sobre esta etapa, el mismo informe de la Fundación Nuffield destaca la existencia de recientes estudios que demuestran cómo el alumnado desarrolla su interés por las ciencias escolares antes de los 14 años, resultando progresivamente más difícil obtener los mismos resultados a edades superiores.

Esta realidad contrasta con el planteamiento actual de los currículos que, tradicionalmente, establecen esta edad como el momento a partir del cual el

1.2.4 El profesorado de ciencias

Pieza clave del sistema educativo, el profesorado es un agente primordial para el éxito de cualquier proyecto de cambio y mejora educativa. Los retos que plantea la situación actual, tanto respecto a los resultados en materia de ciencias de los alumnos de primaria y secundaria, como respecto a la percepción de la ciencia y, sobre todo, de las asignaturas de ciencias de los mismos, son retos al sistema educativo en general y a su profesorado en particular. En este sentido, es necesario un análisis de la figura y papel del profesorado de ciencias en España. Para ello será necesario entender qué perfil de profesorado configura

nuestro sistema educativo y, en concreto, qué caracteriza al profesorado de ciencias de nuestro país.

Aunque existen diversidad de estudios internacionales sobre el profesorado, el reconocimiento general de la importancia crucial de los profesores en la necesaria tarea de mejorar la educación (evidenciada a raíz de los resultados de los alumnos en las pruebas PISA) se ha generalizado tras la publicación del influyente informe *Teachers Matter. Attracting, Developing and Retaining Effective Teachers* (OCDE, 2005). En este informe se realiza una comparativa internacional respecto de aspectos fundamentales de la profesión docente, como qué formación inicial y continuada reciben los profesores o cuáles son sus perspectivas de futuro profesional.

El estudio de la OCDE (2005) pone de manifiesto diversas problemáticas relativas a la profesión docente a nivel internacional. Entre ellas destaca la general falta de atractivo de la educación como profesión, las dificultades para mantener una oferta suficiente de profesorado con un buen nivel en áreas donde la demanda es más elevada (como, por ejemplo, las ciencias), o las dudas existentes sobre la evolución a largo plazo del cuerpo de profesorado principalmente en relación con el bajo número de profesionales varones (feminización de la profesión) o de buen profesorado (profesorado con elevada formación y experiencia) en plantilla.

En general, casi todos los países muestran una preocupación por la calidad docente, planteándose si la formación que se ofrece es suficiente y adecuada para el desarrollo de los conocimientos y las habilidades necesarias del profesorado. El estudio revela que se perciben lagunas cualitativas y una desconexión entre la formación inicial y continuada con las necesidades escolares reales. Esta situación es aún más preocupante cuando los problemas de calidad están ligados a los de cantidad. En muchos sistemas educativos la falta de profesorado propicia la disminución de las exigencias de admisión, se demanda a los profesores impartir materias diferentes a las rela-

cionadas con su formación y se aumentan las horas o el ratio de alumnado con el consecuente efecto en la calidad de la enseñanza.

En nuestro país, sin embargo, los problemas de calidad son independientes a los de cantidad, lo cual señala la complejidad de la situación. En España no existe falta de atractivo por la profesión docente (a pesar de que socialmente su reconocimiento ha ido disminuyendo como en el resto de países) ya que existe más oferta que demanda de profesores. Tampoco existen problemas de retención de profesorado ya que, como funcionario público, los docentes se mantienen a largo de toda su vida laboral en la profesión. Sin embargo, esto no garantiza una mejora de la calidad del profesorado, según los resultados de la OCDE (2005). Los problemas en nuestro país son, de acuerdo a este estudio, de naturaleza cualitativa y hacen referencia a tres aspectos: una selección exigente pero inadecuada del profesorado, una falta de incentivos y flexibilidad en la carrera docente y limitaciones de la formación inicial y continuada de los profesores.

Con respecto a la selección del profesorado público, que es la mayoría del profesorado del país, los criterios de ingreso en el cuerpo docente, aunque altamente competitivos, no hacen especial hincapié en los conocimientos y aptitudes que se requieren para una docencia eficaz.

En general, la estructura de la oposición pública contiene básicamente dos pruebas (aunque las competencias educativas están transferidas a las comunidades autónomas y por tanto puede haber diferencias entre los sistemas de selección del profesorado entre unas y otras). En el caso de las oposiciones del profesorado de secundaria se organiza una prueba eliminatoria de demostración de conocimientos específicos necesarios para impartir la docencia, que generalmente es de muy alto nivel en el contenido disciplinar aunque no necesariamente en los temas que el profesor acabará enseñando (opositores de la especialidad de biología y

geología, por ejemplo, acaban dando clase de química o física) ni, más importante, en el dominio del contenido científico *para ser enseñado* (didáctica de las ciencias). La segunda prueba consiste en la presentación de una programación y su exposición oral y defensa de forma contextualizada, presentando una Unidad Didáctica para un curso concreto en una escuela concreta. Sin embargo, y pese a la demanda de contextualización que se realiza, este no deja de ser un ejercicio teórico y de simulación alejado de la práctica docente real.

El sistema de oposición del profesorado de primaria es muy similar al explicado, con la diferencia que los temas de contenido de la primera prueba integran contenido de todas las áreas de conocimiento del currículo de primaria (como el área de conocimiento matemático, del lenguaje o del medio natural, social y cultural en el caso de las ciencias) con contenidos didácticos y pedagógicos (como la evaluación o la tutoría), lo cual hace menos necesario el dominio de conocimientos científicos y didácticos para superar la oposición.

Como puede verse, tanto para el profesorado de primaria como para el de secundaria los procesos de selección del profesorado de ciencias presentan problemáticas graves. Como señala el informe de la OCDE, estos procesos de selección de los profesores del sistema público no responden ni están adaptados a las diversas necesidades educativas locales de la escuela en la que el futuro profesor deberá ejercer, ni con respecto al contenido a enseñar, ni con respecto a la realidad educativa que deberá manejar. Por tanto, el exigente proceso de selección no garantiza que los mejores profesores entren en la profesión, menos aún que los mejores profesores para las necesidades de la escuela A entren en la escuela A. Esta situación es diferente en el caso del profesorado de la escuela concertada o privada, donde la selección se realiza por la propia escuela (el equipo directivo) y puede, en teoría, realizarse atendiendo a las necesidades, ideario y objetivos de la misma.

La selección no es el único problema. Una vez obtenida la plaza, los profesores de los sistemas de carrera pública de España carecen generalmente de una introducción a la profesión acorde con su experiencia inicial, no contándose con períodos iniciales de inducción en los que los profesores noveles cuenten con mentores o tutores experimentados en los centros en los que inician su carrera profesional. En los sistemas con inducción, el profesor novel no tiene todavía la condición de profesor y se considera profesor en formación, de forma análoga a los residentes médicos, y por tanto, no tiene toda la responsabilidad docente. Esta situación facilita un aprendizaje en la práctica y una entrada gradual en la profesión.

Otra de las deficiencias de la carrera docente en nuestro país identificadas por diversos estudios es el hecho de que el profesorado público carece de incentivos para mantenerse en la profesión y seguir evolucionando. Por ejemplo, la entrada en profesión es directa tras la oposición, y como señala la OCDE, los procedimientos para enfrentarse a una docencia ineficaz suelen ser pesados y lentos. Además, la antigüedad (medida en trienios y sexenios) es uno de los criterios más utilizados para otorgar mejoras salariales o laborales. Según el estudio nacional *Estrategias de enseñanza-aprendizaje en la enseñanza de las ciencias. Grupo de trabajo Ciencias y Educación* (FECYT, *pendiente de publicación*), la problemática de la falta de incentivos para mantenerse y evolucionar es importante. El hecho de pensar que se tiene una profesión para toda la vida para la que ya se ha demostrado capacidad (superación de la oposición) y en la que generalmente no se incentiva a superar otras evaluaciones/regulaciones externas, ha contribuido a que no se considere la formación permanente como una necesidad perentoria y en la que no se valore la obtención de buenos resultados. Este hecho contrasta con otras muchas profesiones donde la actualización profesional y evaluación externa con el objetivo de asegurar la calidad y excelencia y mejorar

profesionalmente se asume como algo habitual. La OCDE (2005) señala que, en general, los medios para reconocer y recompensar el trabajo de los profesores son limitados. Por otro lado, disponer de sistemas de evaluación externos no es intrínsecamente positivo, ya que depende de cómo se utilice esta evaluación: los sistemas educativos con sistemas de evaluación punitivos en lugar de formativos presentan, de acuerdo a la literatura, problemáticas graves.

Una tercera problemática del perfil profesional del profesorado en España es la rigidez de los sistemas de profesorado público (funcionariado), que generalmente limitan enormemente la entrada y dificultan de igual forma la salida. Estos sistemas carecen de atractivo para quienes no están seguros de querer dedicarse toda la vida a la profesión de profesor o para aquellos que ya hayan adquirido experiencia en otras áreas y quieran, en su madurez laboral, explorar la docencia. Así, el perfil docente en España es altamente homogéneo y rígido, y no posibilita que personas con perfiles diferentes y adecuados a realidades educativas concretas puedan acceder a la profesión. Los expertos de la OCDE recomiendan introducir puestos de trabajo más flexibles, ampliar las posibilidades de contratación externa y otorgar a las autoridades educativas y a los centros educativos locales más margen de decisión personal. Estas recomendaciones, sin embargo, no pueden abanderarse a la ligera, sin tener en cuenta la importancia de garantizar una buena formación de todos los que accedan a la profesión y de garantizar los derechos laborales de los profesores.

Los aspectos anteriormente mencionados, aunque de gran relevancia, están relacionados con la idea y forma de función pública de nuestro país y, en ese sentido, no son propios de la educación y el profesorado. La modificación de esta situación, por tanto, requeriría una reforma más general que la que puede darse dentro del ámbito educativo. Sin embargo, el tercer aspecto mencionado como problemático en el informe de la OCDE, la formación do-

cente, hace referencia exclusivamente a este ámbito y ha sufrido, de hecho, una serie de modificaciones recientes con la intención de mejorar la situación.

Con respecto al profesorado en España, los informes internacionales señalan que **existen problemas con respecto a:**

- La selección del profesorado
- La carrera docente
- La formación inicial y continuada del profesorado

1.2.4.1 Formación inicial del profesorado de primaria

En el caso de los profesores de educación primaria, la formación inicial responde a un modelo simultáneo, donde la formación pedagógica y de especialidad se realizan de forma simultánea en la universidad en las titulaciones de magisterio, tradicionalmente al nivel de diplomatura (tres años) y recientemente de grado⁵ (240 créditos ECTS). Las recomendaciones para la organización de estos nuevos estudios de grado de magisterio realizada, a partir de comparativas europeas, por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) en el *Libro Blanco para Magisterio* (ANECA 2004), son:

- Una enseñanza de 240 créditos ECTS en 4 años (como el 64 % de los países europeos).
- De carácter generalista. Se recomienda que un 70 % en el caso de educación infantil y un 75 % en el caso de educación primaria sean

contenidos comunes. En primaria, corresponderían a las áreas que actualmente son competencia de los tutores (Matemáticas, Lengua, Ciencias-Geografía e Historia [o Conocimiento del medio] y Educación artística [o plástica]).

- Garantizando una cierta formación especializada. Los diferentes itinerarios que propongan las titulaciones deben tener entre 48 y 60 créditos ECTS.
- Con una alta duración del *practicum* (aprox. 42 créditos ECTS).

Esta nueva formación abre la puerta a un énfasis mayor en los contenidos de ciencias para los maestros, debido a que se modifica la rígida estructura anterior de especializaciones de magisterio únicamente para las áreas de educación musical, lenguas extranjeras, educación física y educación especial. En el nuevo grado se da la oportunidad a las universidades de ofertar otras menciones o itinerarios (por ejemplo el de ciencias) para los futuros maestros, aunque estos no dejan de ser generalistas para toda la etapa. Además, cuando se proponen las competencias del área, el documento de la ANECA dice explícitamente que el tradicional área de Medio natural y social «recibe en la LOCE un nombre [Ciencias, Historia y Geografía] que pone de manifiesto el énfasis en los conocimientos disciplinares, dado que en el anterior currículo la alusión a “Conocimiento del medio” hacía contemplar el proceso de aprendizaje de estos contenidos, procedimientos y valores de forma más integrada» (pág. 102) y presenta los listados de competencias docentes separando aquellas relativas a Ciencias Experimentales y a Geografía e Historia, profundizando de nuevo más en los contenidos de ciencias que en propuestas anteriores. Sin embargo, cómo se plasme esta *oportunidad* de mayor peso en los contenidos científicos en las nuevas titulaciones de

magisterio depende de las universidades, que arrastran una tradición (y por tanto, unas plantillas docentes) de formación general y especializada en las especializaciones anteriores.

A pesar de estos cambios en la formación inicial, la realidad de los maestros que actualmente están dando clase en primaria con respecto a su formación inicial es muy diferente. Desde la incorporación de las escuelas de magisterio a la universidad a raíz de LGE de 1970, la formación de maestros ha sido universitaria y de diplomatura. Inicialmente (modelo LGE) existían multitud de especialidades, incluida la *Diplomatura en Formación del Profesorado de EGB. Especialidad en Ciencias*. La Reforma Educativa de la LOGSE (1990) instauró un modelo de formación de maestros generalista, en el que a las titulaciones de Educación Infantil y Primaria se le añadían únicamente las 4 especialidades para primaria ya mencionadas (Educación musical, Educación física, Educación especial y Lengua extranjera), perdiéndose la especialización en ciencias. En este sentido, el profesorado de primaria actualmente en el centro a cargo del área de Conocimiento del medio tiene formación mayoritaria generalista, debido a que la reforma LOGSE también implicó una reducción de la etapa de primaria y alargamiento de la de secundaria, que hizo que algunos profesores de primaria con especialidad en ciencias pasaran a dar clase en el primer ciclo de la etapa de secundaria obligatoria.

1.2.4.1 Formación inicial del profesorado de secundaria

La formación de los profesores de educación secundaria en España corresponde, a diferencia de en primaria, a un modelo consecutivo. La formación como profesorado de ciencias se realiza tras disponer de una formación inicial completa en un área de conocimiento en concreto, a nivel de licenciatura, ingeniería o en la actualidad de grado. Con anterioridad

La educación científica en edades tempranas en España: estado de la cuestión

a la LGE de 1970 cualquier licenciado podía acceder a la función docente sin ninguna preparación profesional previa. A partir de esta ley se crearon los Institutos de Ciencias de la Educación (ICE) adscritos a las universidades, como los centros responsables de organizar los Cursos de Adaptación Pedagógica (CAP) que hasta prácticamente la actualidad (durante casi 40 años) han sido el título necesario para poder acceder a la docencia de secundaria.

El CAP contemplaba tanto la formación pedagógica general como la formación didáctica específica y de *practicum* en el centro. Sin embargo, como formación este curso tenía una significación pequeña en la preparación inicial de los docentes. Esto es así tanto por su duración reducida de 12 créditos en un semestre (lo cual implicaba aproximadamente 80 horas de clase y 40 de prácticas), como por la carencia de requisitos de acceso más allá de la posesión de un título de licenciado o de ingeniero. En ese sentido, el CAP fue durante años duramente criticado como

formación insuficiente, considerándose en los estudios internacionales que en España no se realizaba formación profesionalizadora significativa para el profesorado de Educación Secundaria. En algunas universidades e ICE la entrada de la nueva ley de educación LOGSE de 1990 fomentó la oferta de cursos de más alto nivel, como los denominados Curso de Cualificación Pedagógica (CCP) que, sin embargo, nunca tuvieron carácter obligatorio y, por tanto, tuvieron una incidencia muy pequeña en el conjunto del profesorado novel.

Este perfil de formación del profesorado de secundaria ha cambiado en la actualidad con la entrada en vigor del *Máster Universitario en Formación de Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas* desde el curso 2009-2010; actualmente requisito indispensable para ejercer como profesorado de secundaria en sustitución del CAP. Este nuevo máster tiene una estructura de

	Profesorado de Primaria*	Profesorado de Secundaria*
Requisito de acceso	Bachillerato o Ciclo Formativo Grado Superior + PAU	Licenciatura en Ciencias
Tipo de formación para la docencia	Diplomatura	Curso CAP
Duración	3 años	240 horas
Grado de especialización	<ul style="list-style-type: none"> – Alta especialización en contenido psicopedagógico – Alta especialización en la especialidad (música, inglés,...) – Baja especialización en contenido científico y de didáctica de las ciencias 	<ul style="list-style-type: none"> – Alta especialización en contenido científico – Baja especialización en contenido didáctico y psicopedagógico

* Formación inicial requerida hasta la entrada en vigor de la Ley Orgánica de Educación (LOE) 2006 para el profesorado de primaria y de secundaria. Corresponde a la formación de la mayoría del profesorado actualmente en ejercicio.

FIGURA 1.2. Formación inicial requerida hasta 2006 para el profesorado de primaria y de secundaria.

entre 52 y 60 créditos ECTS (hasta 1500 horas de trabajo de los alumnos) a lo largo, generalmente, de un año de formación. La estructura de los estudios es similar a la del anterior CAP, pero mucho más amplia en horas: formación general como profesor (contenidos psicosociopedagógicos), formación como profesor de un área de conocimiento (contenidos de una didáctica específica y complementos de formación) y prácticas de enseñanza en un centro de educación secundaria. También se incluyen importantes cambios en los requisitos de entrada al máster, como es el dominio suficiente de una lengua extranjera, equivalente a nivel B1 del Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas.

La figura 1.2 resume el tipo de formación inicial recibida por el profesorado de ciencias de primaria y secundaria desde la reforma educativa LOGSE de 1990 hasta la LOE de 2006, y que corresponde al perfil mayoritario de profesorado que actualmente podemos encontrar en nuestras aulas. Como puede verse, la diferencia entre las formaciones del profesorado de primaria y secundaria mencionadas es muy relevante y, en el caso del profesorado de ciencias, configuran dos perfiles docentes muy dispares.

Entre el profesorado de ciencias esta coyuntura no es banal ya que, según el estudio de la FECYT antes mencionado (FECYT, pendiente de publicación), el profesorado de educación primaria dispondría de amplios conocimientos psicosociopedagógicos (al menos, a nivel teórico), pero carecería de una formación científico-didáctica especializada, mientras que, por el contrario, el profesor de educación secundaria poseería un alto nivel de conocimientos científicos, pero también carecería de su componente didáctica. De hecho, el mismo informe apunta que la formación del profesorado de ciencias, en general, es insatisfactoria, lo que constituye uno de los factores de mayor trascendencia en la deficiente formación científica de nuestros jóvenes.

Existen divergencias y carencias en la formación inicial del profesorado anterior a la reforma de la LOE 2006 con respecto a la enseñanza de las ciencias. Mientras el profesorado de ciencias de primaria tiene formación generalista, sin especialización científica, el de secundaria tiene una alta formación en contenidos científicos pero carece de formación didáctica asociada.

En la educación primaria, los factores que provocan el bajo nivel de conocimientos sobre ciencias del profesorado se sitúan en dos planos. Por un lado, el acceso de los futuros profesores de primaria a la universidad puede realizarse desde cualquier modalidad de bachillerato, con lo cual puede darse la circunstancia que los estudiantes que se matriculan en la titulación de Maestro de Educación Primaria hayan terminado su formación en ciencias en tercero de la ESO, a los 15 años. Esto implica un estudiantado con niveles muy variados con respecto a la formación científica, algunos con altísimas carencias, que no suelen ser compensadas con complementos de formación.

Por otro lado, los programas de las facultades de educación de la especialidad de educación primaria inciden poco en la consolidación de conceptos básicos de las disciplinas que componen el área de ciencias de la naturaleza. Paradójicamente, mientras estudios como *Teachers Matter. Attracting, Developing and Retaining Effective Teachers* (OCDE, 2005) ponen de manifiesto la necesidad por parte del profesorado de un buen conocimiento de las disciplinas, a pesar de los intentos del nuevo grado, la formación de maestros en España presenta una menor especialización en ciencias que la mayoría del resto de países.



FIGURA 1.3. Representación de los títulos/grados de magisterio en Europa. Como puede verse, España es uno de los pocos países en que la especialidad se cursa en el mismo grado.

Fuente: ANECA, 2004.

Así lo pone de manifiesto el estudio realizado por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) en su estudio sobre el diseño del Título de Grado adaptado al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) (ANECA, 2004). En este estudio se refleja el hecho de que, mientras gran parte de los países europeos conceden una gran importancia a la especialización de área (principalmente matemáticas, lengua, idiomas o ciencias) realizándose a través de posgrados específicos, en España esta especialización se reduce a un par de asignaturas en el caso de las ciencias, integradas en una formación de carácter más generalista. La figura 1.3 refleja esta situación.

En cuanto a la educación secundaria, la falta de formación en didáctica hasta el curso 2009-2010 está asociada a la reproducción de un modelo docente de clara influencia conductivista, como simple transmisión de conocimientos, que acaba provocando el desapego de los estudiantes hacia las ciencias. De hecho, el estudio *Teaching and Learning International Survey (TALIS)* (OCDE, 2009b), que analiza las condiciones necesarias para una enseñanza y un aprendizaje efectivo, destaca el hecho que el profesorado español, a diferencia de la mayoría de países de la OCDE, no manifiesta una preferencia entre concepciones y prácticas de aula constructivistas y concepciones y prácticas de aula de transmisión, mostrando un perfil en qué se mezclan ambos enfoques (conductistas y constructivistas). A pesar de que

el nuevo máster de formación del profesorado pretende incidir en estos aspectos, las enormes diferencias en la forma en la que se ha implantado en diferentes universidades y el revuelo mediático que ello ha originado obliga a reflexionar sobre si, en todos los casos, este máster está mejorando la formación de los futuros profesores de secundaria en aspectos directamente relacionados con la enseñanza de las ciencias donde sabemos están las deficiencias. En concreto, si hay suficientes contenidos de didáctica de las ciencias (qué ciencia enseñar, para qué y cómo) y si se realiza el *practicum* con adecuado seguimiento y extensión.

En resumen podemos ver cómo, pese a que el papel del profesorado, y en concreto el de ciencias, es clave en el resultado del rendimiento de los estudiantes, existen aún ciertos vacíos en su formación que pueden tener un impacto negativo en la educación de los jóvenes.

Pese a que el papel del profesorado de ciencias es clave en el resultado del rendimiento de los estudiantes, existen aún ciertos vacíos en su formación que pueden tener un impacto negativo en la educación de los jóvenes.

1.3 El conocimiento social de la ciencia

Una sociedad que se interese por las ciencias y reconozca la contribución de la ciencia al desarrollo de su cultura, además de disponer de conocimientos sobre los fundamentos científicos, es necesaria para desarrollar los niveles de alfabetización científica deseables. Esta situación no es responsabilidad única de los sistemas educativos de cada país, sino también de otros agentes públicos y privados, cuya influencia puede ser clave. En este sentido, conviene analizar la percepción de la sociedad española respecto a la naturaleza de las ciencias y su relevancia en el seno de la cultura con un doble objetivo. Por un lado, diagnosticar cuáles son los factores que pueden influir en la mencionada aculturación científica de la sociedad española (CRECE, 2009) y, por otro, entender qué papel juegan los distintos agentes sociales (científicos, maestros, profesores y expertos en enseñanza de las ciencias, divulgadores, etc.) en el éxito de este proceso.

Sin duda, las iniciativas que desde sectores diferentes al de la enseñanza formal se puedan llevar a cabo son importantes para fomentar la cultura científica entre los ciudadanos. Por ello en este apartado comentaremos, además, qué iniciativas ya se están realizando en divulgación científica y para el aumento del conocimiento social de la ciencia, tanto desde las administraciones como desde la misma comunidad científica.

1.3.1 Percepción de las ciencias por parte de la sociedad

En apartados anteriores, al hablar de las actitudes de los estudiantes respecto al aprendizaje de los contenidos científicos, comentábamos la idea de un creciente escepticismo de los jóvenes respecto a los beneficios de la ciencia. Para completar esta información es conveniente analizar los resultados de los distintos Eurobarómetros focalizados en la relación entre ciencia, tecnología y sociedad (EC, 2005a, 2005b, 2008, 2010; EU, 2005a, 2005b, 2010).

Los estudios de 2005 muestran signos de un cambio generacional confirmándose que, mientras para los adultos la visión de la ciencia y la tecnología es positiva prácticamente sin matices, en el caso de los jóvenes se percibe cierto grado de escepticismo y despreocupación respecto a la ciencia, desde una perspectiva más crítica que señala también sus lados problemáticos. Sin duda, esta tendencia parece confirmarse a tenor de los resultados del último Eurobarómetro publicado este mismo año (EC, 2010) según el cual, a pesar de existir una visión optimista sobre los efectos de la ciencia y la tecnología, esta es ligeramente inferior a la reflejada en el estudio del 2005 anteriormente mencionado. Se confirma de esta forma lo que apuntaban algunos autores, que preveían una transformación de la percepción de la ciencia como una fuente de solu-

ciones hacia una percepción de la ciencia como una fuente de amenazas (Beck, 1992). Esta visión escéptica respecto de la ciencia, sin embargo, no es necesariamente negativa si va acompañada de suficientes conocimientos como para tener una posición crítica y fundamentada que, desde la sociedad, regule el quehacer científico. Sin embargo, el mero escepticismo o una posición negativa *per se* puede ser un freno importante al desarrollo científico-tecnológico futuro.

A escala europea y, en general (no solo para los jóvenes), los estudios del Eurobarómetro señalan una menor sensibilidad acerca de temas relacionados con ciencia y tecnología, que se es menos entusiasta acerca de sus beneficios pero también que se está menos preocupado por sus desventajas. Es decir, la ciencia genera cierta indiferencia. En el caso de España, sin embargo, esta tendencia no se percibe, manteniéndose los mismos niveles de percepción que en 2005 con, según la última encuesta sobre *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2010* (FECYT, 2010), un mayor porcentaje de personas que tienen una percepción positiva de la ciencia y la tecnología que las que no la tienen, poniéndose de manifiesto el hecho de que cada vez más españoles asocian el progreso científico al desarrollo económico y al empleo.

Sin embargo, el interés de los ciudadanos españoles por la ciencia y la tecnología es considerablemente menor que el que suscitan trabajo y empleo, deportes o medicina y salud, situándose al mismo nivel que temas como arte y cultura, economía y empresa, educación, política y hasta sucesos. Además, y según este mismo estudio, entre las personas con mayor interés por la ciencia se detecta, paradójicamente, una postura más crítica sobre sus beneficios. Esta realidad concuerda con algunos estudios que confirman la pérdida de confianza en la autoridad científica e instituciones que sustentan actividad científico-técnica por parte de las sociedades avanzadas, quizás debido a que en una sociedad del riesgo se produce una confrontación entre la reflexión (en manos de los expertos) y la información (en manos de los medios de comunicación) (Muñoz, 2004).

Según el último Eurobarómetro, en Europa se detecta una disminución de la sensibilidad acerca de temas relacionados con la ciencia y la tecnología. En España, según la encuesta de Percepción social de la ciencia y la tecnología (FECYT), la percepción sigue siendo positiva aunque el interés de los ciudadanos españoles **por la ciencia y la tecnología es considerablemente menor que el que suscitan trabajo y empleo, deportes o medicina y salud.**

Justamente en relación con esta situación, y continuando con los resultados obtenidos en el último Eurobarómetro especial, destaca el hecho que, los europeos y también los españoles declaran sentirse poco informados sobre nuevos descubrimientos científicos o desarrollos tecnológicos, lo que lleva a un desconocimiento del trabajo de los científicos. Esta percepción puede estar relacionada con el hecho que los ciudadanos consideren que los científicos deben comunicar más y mejor sobre ciencia o a que, como apunta el estudio de la FECYT, la sociedad considere que la atención que los medios de comunicación prestan a la información científica es insuficiente y que el nivel de información recibida no se corresponde con sus intereses. En este sentido, el estudio pone de manifiesto el hecho que los canales más utilizados para informarse sobre temas de ciencias y tecnología son precisamente televisión e internet, por orden de preferencia. Sin embargo, la presencia de la comunidad científica divulgando y compartiendo aspectos del quehacer científico y del conocimiento científico es escasa en estos canales, sobre todo en la televisión.

Esta reclamación de una mejor y mayor información va acompañada, según los datos del Eurobarómetro, de una solicitud sobre una mayor participación de la opinión pública en la toma de decisiones en lo que se refiere a ciencia y una reclamación de un mayor fomento de la involucración en ciencias de jóvenes y mujeres por parte de los gobiernos. A nivel económico, y a pesar de no tener una visión clara del nivel de inversión en investigación por parte de los estados, se considera un incremento de estas inversiones como beneficioso y, según la última encuesta de la FECYT, en cuanto al gasto público, ciencia y tecnología ocupan el cuarto lugar en las prioridades de los ciudadanos. Por otro lado, casi un 60 % de los españoles cree que las empresas no dedican los suficientes recursos a investigación científica y desarrollo tecnológico, existiendo cada vez más una mayor demanda social para que las empresas inviertan en I+D+i. Y es que, cada vez más, la percepción de los españoles es que España está por detrás de la media de la Unión Europea en desarrollo científico y tecnológico.

Los estudios de opinión ponen de manifiesto una **necesidad entre la ciudadanía de una mayor y mejor información sobre temas científicos y tecnológicos**: el interés manifestado por temas científicos es mayor que el nivel de información declarado sobre estos temas.

Por último, la encuesta de la FECYT distingue cuatro tipos de segmentos entre la población. Los desinformados, que representan un 31,6 % de la población y se caracterizan por la falta de información pero por una actitud positiva respecto a las ciencias y la tecnología. Los críticos desinformados, que presentan una actitud claramente crítica a pesar de su falta de

conocimientos y representan un 15,3 %; los procientíficos moderados que son un 29 % y responden a un perfil también crítico pero con una mayor preocupación por estar informados. Y en último lugar los procientíficos entusiastas, que suponen un 11,8 % de los ciudadanos, tienen una imagen excelente de los científicos y su profesión y están muy informados sobre la ciencia.

Como vemos, solo un 12 % de la población española parece bien informada acerca de temas científicos y tecnológicos, por lo que se revela necesario dar respuesta a la solicitud por parte de la sociedad de una mayor y mejor información científica, además de la mencionada alfabetización científica que permitiría que los ciudadanos comprendieran y utilizaran adecuadamente esta información.

1.3.2 El fomento de la cultura científica

Respondiendo a esta necesidad de una mejor información sobre temas científicos, son muchas las acciones que, a escala internacional y local, se están llevando a cabo para acercar la ciencia a la cultura de la sociedad. Es el caso del *Science in Society (SIS)*,⁶ un eje de actuación de la Comisión Europea dentro del 7º Programa Marco que continúa con la tradición del anterior *Science and Society*⁷ y que tiene como objetivo estrechar la brecha entre la ciencia y la sociedad. Los tres ámbitos fundamentales de esta línea de acción son: fomentar una gobernanza más dinámica de la relación entre ciencia y sociedad; un fortalecimiento del potencial existente y una ampliación de horizontes con respecto a cuestiones de género y educación en ciencias; y la promoción de canales de comunicación eficaces en ambos sentidos, que permitan la interacción entre la ciencia y los ciudadanos.

Sobre estos ámbitos, SIS enfatiza la necesidad de proporcionar a la población general más información científica y dar a la sociedad la oportunidad de relacionarse con la comunidad científica. Asimismo, se

plantea la necesidad de acercar la comunidad científica a los medios de comunicación, abriendo canales de comunicación que permitan la expresión de la población. Tal como recoge el informe *Challenging Futures of Science in Society. Emerging Trends and cutting-edge issues (The MASIS report)* (EC, 2009), que presenta una visión general de las tendencias emergentes y comunes de esta ciencia en la sociedad, el modelo comunicativo existente actualmente es un modelo de transmisión, con el objetivo de informar al público en lugar de involucrar a los ciudadanos. Algunos de los proyectos que se están llevando a cabo dentro de esta iniciativa de la Comunidad Europea responden a las directrices mencionadas. Es el caso, por ejemplo, del proyecto *PlayDecide*⁸ que tiene como objetivo estimular la discusión a través de juegos u otros formatos de debate en las ciudades europeas para el desarrollo de la cultura científica a nivel local.

El fomento de la cultura científica no puede producirse, sin embargo, solo aumentando el nivel de información o propiciando la participación. Como hemos comentado, sin una buena alfabetización científica la información es incomprensible y la participación es, por tanto, desinformada. En ese sentido, la mayoría de los proyectos y acciones financiados a nivel europeo por el SIS (como también sucedió con los realizados en el seno del anterior programa marco) se han focalizado en la educación como ámbito clave para desarrollar esta cultura científica, en algunos casos relacionando a los diversos agentes implicados de los sectores sociales, científico y de la enseñanza de las ciencias en acciones conjuntas. Ejemplo de la importancia de la acción en enseñanza de las ciencias para la mejora de la relación ciencia-sociedad es la reciente iniciativa de creación del portal SCIEN-TIX,⁹ lanzado este año por la Comisión Europea con la intención de aglutinar la multitud de proyectos de enseñanza de las ciencias que se han financiado en los últimos años; para hacer más públicos sus resultados. La idea es ayudar a todos aquellos agentes involucrados en la enseñanza de las ciencias y el aumento

de la cultura científica en el ámbito europeo (profesorado, investigadores en didáctica de las ciencias, administración educativa, padres y jóvenes, divulgadores, etc.) a utilizar resultados de investigación en enseñanza de las ciencias y ejemplos de buenas prácticas para fomentar la cultura científica.

Otras iniciativas en el mismo ámbito, como el portal XPLORA¹⁰ o la publicación *Science in School*¹¹ están aún más orientadas al encuentro entre el campo de la enseñanza de las ciencias y la comunidad científica. El primero, se define como una puerta europea para la enseñanza de las ciencias destinada a profesorado, estudiantes, científicos y divulgadores y educadores científicos, mientras que la segunda es una revista que cuenta con el soporte de grandes instituciones científicas como el CERN o la ESA y cuyo objetivo es ofrecer artículos sobre novedades científicas y temas interdisciplinares, y sobre la enseñanza de las ciencias, al profesorado europeo.

En lo que se refiere a España, existen también iniciativas externas a la educación formal y en el marco de la Administración pública con la intención de fomentar la cultura científica. Prueba de ello han sido los programas de fomento de la cultura científica y tecnológica recogidos en distintos Planes Nacionales de I+D+i (Acción Estratégica para la divulgación de la ciencia y la tecnología, Programa Nacional de Fomento de la cultura científica y tecnológica, etc.). Otras instituciones dependientes del Gobierno, como la misma FECYT, realizan diversas actividades con el objetivo de acercar la ciencia a la sociedad. Es el caso de iniciativas como la *Semana de la Ciencia*, considerada como el mayor evento de comunicación social de la ciencia y la tecnología que se celebra en España, o de certámenes como *Fotciencia*, que pretende acercar la ciencia y la tecnología a los ciudadanos mediante una visión artística y estética. Todos estos programas responden al objetivo de mejorar el conocimiento social de la ciencia e incrementar la valoración de las actividades científico-tecnológicas como instrumentos que potencian el avance hacia una sociedad moderna.

Asimismo hay otros proyectos de participación ciudadana del propio CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), así como actividades promovidas desde la misma institución, exposiciones, libros o espacios de divulgación, tales como *Ciencia en la Escuela* (en colaboración con la Fundación BBVA). A estos proyectos de ámbito nacional se deben añadir los proyectos puestos en marcha desde las comunidades autónomas, y una gran actividad de divulgación por parte de museos de la ciencia y la tecnología o parques científicos, que aparecen como mediadores entre la ciencia y la población. En la misma línea, se empiezan a promover iniciativas de apertura de la actividad científica a la sociedad a través de visitas a grandes instalaciones científicas como el GRANTECAN, la estación biológica del parque de Doñana o el nuevo sincrotrón ALBA, entre otros muchos, que abren sus puertas para recibir visitas de ciudadanos.

El innumerable número de iniciativas similares desde fundaciones, instituciones científicas, centros de investigación, parques científicos, museos y otros hace que no sea conveniente ni interesante mencionarlos todos en este estado de la cuestión. Sin embargo, nos parece relevante que se constate que ya se están haciendo muchos esfuerzos en el ámbito, aunque en su mayoría disgregados y no necesariamente dirigidos por los principios de comunicación científica y enseñanza de las ciencias adecuados, lo que con seguridad reduce su eficacia. Quizá por este motivo estas iniciativas no atraen al general de los ciudadanos, y la participación en muchos de ellos es limitada. Por ejemplo, con respecto a los museos de ciencia sobre los que se dispone de datos, el grado de acercamiento de la población es muy insuficiente. A pesar del esfuerzo de estas instituciones, el porcentaje de ciudadanos que declaran haber visitado un museo de la ciencia recientemente, aunque significativo (13 %, según FECYT, 2008) no alcanza los niveles deseados. Esto lleva a cuestionarse qué iniciativas de divulgación científica serían las más adecuadas para aumentar el interés.

Sea como sea, hay consenso entre opiniones y estudios que la cultura científica que el público tiene es relativamente baja (COSCE, 2005; Vila, Julián, y Otaola, 2004). Tomando la solicitud que el mismo público hace sobre recibir más y mejor información sobre la ciencia, a pesar de su relativa falta de interés y uso de las iniciativas disponibles, parece claro que aún queda mucho por reflexionar, rehacer y proponer. Se trata de una ardua tarea cuyo peso se reparte a partes iguales en más de un sector y agente: desde la comunidad de científicos y su capacidad y voluntad para abrirse a la sociedad, hasta la concienciación de necesidad de actuación por los sectores sociales involucrados (empresas, asociaciones de vecinos, agentes sociales), pasando por el aumento del número y profesionalización de los canales de divulgación disponibles. Desde ENCIENDE creemos indispensable abordar esta empresa desde la educación en edades tempranas, pues la mejora de la cultura científica de un país pasa por promover la cultura científica de su población infantil y juvenil. Por tanto, la prioridad no es potenciar la actuación de cada uno de los agentes mencionados por separado, sino la comunicación y colaboración entre todos ellos y con los profesores y expertos en la enseñanza de las ciencias con un objetivo común: garantizar una cultura científica de calidad para la ciudadanía del futuro.

La cultura científica que el público tiene es relativamente baja y tomando su solicitud por recibir más y mejor información sobre la ciencia parece claro que aún queda mucho camino por recorrer por los sectores sociales, científico y de enseñanza de las ciencias. Hacer especial énfasis en las edades tempranas potencia un cambio de tónica respecto al interés y cultura científica de la ciudadanía del futuro.

Notas

- ¹ El Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE, tiene por objeto evaluar hasta qué punto el alumnado cercano al final de la educación obligatoria ha adquirido alguno de los conocimientos y habilidades necesarios para la participación plena en la sociedad del saber.
- ² El Programa INGENIO 2010 es una iniciativa presentada por el Gobierno de España en junio de 2005 para dar respuesta a la relanzada Estrategia de Lisboa que aprobó el Consejo Europeo de Primavera en 2005 y que establece como objetivo estratégico la plena convergencia con la Unión Europea en 2010, tanto en renta per cápita como en empleo y en sociedad del conocimiento. Véase www.ingenio2010.es
- ³ Esta estructura sirve de base para el despliegue del currículo en el marco estatal. La naturaleza descentralizada del sistema educativo español establece que a cada comunidad autónoma le corresponde establecer el currículo de la educación obligatoria en base a estas directrices, requiriéndose para ellas el 65 por ciento de los horarios escolares y el 55 por ciento para las comunidades autónomas que tengan lengua cooficial. (R.D. 1513/2006 y R.D. 1631/2006)
- ⁴ Su análisis se hizo solo para el ámbito de Illes Balears (Alonso y Mas, 2009).
- ⁵ El marco legal regulador de los nuevos estudios de magisterio lo configuran la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, que en su artículo 93, conforma la profesión de Maestro en Educación Primaria como profesión regulada cuyo ejercicio requiere estar en posesión del título de Grado (BOE n.º 106, 4/05/2006); Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de Educación Primaria (BOE n.º 293, 8/12/2006) y la Resolución de 17 de diciembre de 2007, por la que se publica el Acuerdo de Consejo de Ministros, y por el que se establecen las condiciones a las que deberán adecuarse los planes de estudios que habiliten para Maestro en Educación Primaria (BOE n.º 305, 21/12/2007).
- ⁶ Para más información, véase <http://cordis.europa.eu/fp7/sis/>
- ⁷ Para más información, véase <http://cordis.europa.eu/science-society/>
- ⁸ Véase www.playdecide.eu
- ⁹ Véase <http://scientix.eu>
- ¹⁰ Véase www.xplora.org
- ¹¹ Véase <http://www.scienceinschool.org/>

Bibliografía

- ALONSO, Á. V., y MAS, M. A. M. (2009). La relevancia de la educación científica: actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología. *Enseñanza de las ciencias*, 27, 33-48.
- ANECA (2004). *Libro blanco. Título de grado de magisterio. Volumen 1*.
- BECK, U. (1992). *Risk Society: Towards a New Modernity*. Sage.
- COSCE (2005). *Acción CRECE. Comisiones de Reflexión y Estudio de la Ciencia en España*.
- EC (2004). *Europe Needs More Scientists: Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe*. Brussels: European Comission.
- EC (2005a). *Europeans, science and technology. Special Eurobarometer224*. Brussels.
- EC (2005b). *Social values, Science and Technology Special Eurobarometer225*. Brussels.
- EC (2007). *Science Education Now. A renewed pedagogy for the future of Europe*.
- EC (2008). *Young people and science. Analytical report*.
- EC (2009). *Challenging Futures of Science in Society. Emerging Trends and cutting-edge issues (The MASIS report)*.
- EC (2010). *Science and Technology. Special Eurobarometer340*. Brussels.
- EU (2005a). *Europeans, science and technology. Special Eurobarometer224*. Brussels.
- EU (2005b). *Social values, Science and Technology Special Eurobarometer225*. Brussels.
- EU (2006a). *Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo. Anexo a la Recomendación del parlamento europeo y del consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente*.
- EU (2006b). *Recomendación del parlamento europeo y del consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente*.
- EU (2010). *Science and Technology. Special Eurobarometer340*. Brussels.
- EURYDICE. (2006). *Science Teaching in Schools in Europe. Policies and Research*. EU.
- FECYT (2010). *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2010*.
- FECYT (pendiente de publicación). *Estrategias de enseñanza-aprendizaje en la enseñanza de las ciencias. Grupo de trabajo Ciencias y Educación*. Acevedo, J. A.; Brincones, I.; Caamaño, A.; Camacho, A.; Cámara, M.; López Cerezo, J.A.; Martín, M.; Oliva, J.M.; Perales, J.; Sanmartí, N.
- IE (2010). *Evaluación general de diagnóstico 2009. Educación Primaria. Cuarto curso*. Madrid.
- IES (2008). *Highlights from TIMMS 2007 (NCES 2009-001)*. Washington, D.C.: National Center for Education Statistics.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. Y SANMARTÍ PUIG, N. (1995). The development of a new science curriculum for secondary school in Spain: opportunities for change. *International Journal of Science Education*, 17, 425-439.
- MARBA-TALLADA, A., y MÁRQUEZ, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de Sexto de Primaria a Cuarto de ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 19-30.
- MUÑOZ, E. (2004). Los problemas en el análisis de la percepción pública de la biotecnología: Europa y sus contradicciones. In F. J. R. Vila, I. F. Julián y S. C. d. Ojala (Eds.), *Percepción social de la ciencia*: Ediciones UNED.
- NRC. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*.
- OCDE. (2000). *La medida de los conocimientos y destrezas de los alumnos. La evaluación de la lectura, las matemáticas y las ciencias en el Proyecto Pisa 2000*.
- OCDE. (2005). *Teachers Matter. Attracting, Developing and Retaining Effective Teachers*.
- OCDE. (2006). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies*.
- OCDE. (2007). *PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow's World. Executive Summary*.
- OCDE. (2009a). *Equally prepared for life? How 15-year-old boys and girls perform in school*.
- OCDE. (2009b). *TALIS. Teaching and Learning International Survey*.
- OCDE. (2010). *PISA 2009 Results:What Students Know and Can Do*.

- OSBORNE, J., y DILLON, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*: Nuffield Fundation.
- PÉREZ, A. (2005). *Evaluación nacional de actitudes y valores hacia la ciencia en entornos educativos*: FECYT.
- PRO, A. (1999). Planificación de unidades didácticas por los profesores: análisis de tipos de actividades de enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 17(3), 411-429.
- RYCHEN, D. S., y SALGANIK, L. H. (2003). *Las competencias clave para el bienestar personal, social y económico*. Málaga: Ediciones Aljibe.
- SIJØBERG, S. (1997). Scientific literacy and school science: arguments and second thoughts. In S. S. a. E. Kallerud (Ed.), *Science, Technology and Citizenship. The Public Understanding of Science and Technology in Science Education and Research Policy*, (pp. 9-28): Norwegian Institute for Studies in Research and Higher Education.
- SIJØBERG, S., y SCHREINER, C. (2010). *The ROSE project. An overview and key findings*. Oslo.
- VILA, F. J. R., JULIÁN, I. F., y OTAOLA, S. C. d. (2004). *Percepción social de la ciencia*.

Informe ENCIENDE

Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar
para edades tempranas en España

PARTE 2

Reflexiones y recomendaciones para una mejora de la educación científica en edades tempranas en España desde los sectores científico, social y de la enseñanza de las ciencias

Presentación, ELEANOR HAYES

2.1 Reflexiones sobre la ciencia en edad temprana en España:

la perspectiva de la enseñanza de las ciencias

MARÍA PILAR JIMÉNEZ ALEIXANDRE, NEUS SANMARTÍ Y DIGNA COUSO

Presentación, DORIS JORDE

2.2 Reflexiones sobre la ciencia en edad temprana en España:

la perspectiva social

CLAUDI MANS

Presentación, HAROLD KROTO

2.3 Reflexiones sobre la ciencia en edad temprana en España:

la perspectiva científica

JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ ESPINOSA Y JOSÉ LÓPEZ-RUIZ

2.4 Conclusiones y recomendaciones transversales

Notas

Bibliografía



REFLEXIONES SOBRE LA CIENCIA EN EDAD TEMPRANA EN ESPAÑA:

LA PERSPECTIVA DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

«Los sistemas educativos y los currículos de ciencias varían tanto de país a país que es casi imposible ofrecer recursos dirigidos a todos los profesores de ciencias de Europa. Sin embargo, los profesores tienen mucho en común, independientemente de la disciplina que enseñen y de dónde provengan: la fascinación por su asignatura, la motivación para aprender más, y la determinación para compartir su entusiasmo y conocimiento con sus estudiantes. Gracias a ello, podemos ofrecer una plataforma a los profesores y los científicos para que se comuniquen a través de las barreras disciplinares y nacionales.»

Dra. ELEANOR HAYES

Editora

Science in School



2.1 Reflexiones sobre la ciencia en edad temprana en España: la perspectiva de la enseñanza de las ciencias

MARÍA PILAR JIMÉNEZ ALEIXANDRE, NEUS SANMARTÍ y DIGNA COUSO

2.1.1 Los cambios que plantea la nueva organización del currículo por competencias

El nuevo marco competencial en el que sitúan la mayoría de los nuevos currículos educativos a nivel europeo, incluido el de España, han supuesto cambios considerables en la educación obligatoria, tanto desde un punto de vista general como en lo que se refiere a las ciencias.

Abordamos estos cambios desde dos puntos de vista; por un lado, los desafíos que plantea el nuevo currículo basado en las competencias y, por otro, los cambios en los objetivos, metodologías y contenido que este nuevo currículo puede comportar.

2.1.1.1 Los desafíos planteados por el nuevo marco competencial del currículo español

Puede decirse que el cambio más sustancial que establece la LOE (Ley Orgánica de Educación, 2006), respecto a las leyes orgánicas de educación inmediatamente anteriores, LOGSE (1990) y LOCE (2002), es la introducción de las competencias como eje vertebrador del currículo, lo que se conoce como currículo por competencias, para toda la enseñanza obligatoria, tanto primaria como secundaria. En el artículo 6

se define el currículo como conjunto de objetivos, *competencias básicas*, contenidos, métodos y criterios de evaluación. Consideramos que este cambio es significativo, ya que en las leyes anteriores, el currículo se definía en términos de objetivos, contenidos, métodos y criterios de evaluación.

Es importante hacer notar que este cambio no se produce únicamente en España, sino que una de las razones para la introducción de las competencias, y podríamos decir incluso para la reforma establecida en la LOE, es la necesidad de trasladar al currículo de nuestro país las recomendaciones de la Unión Europea, en particular, las competencias básicas para el aprendizaje permanente (UE, 2006).

Para examinar los desafíos que plantea la introducción de las competencias en el currículo de ciencias, es relevante abordar cómo se define la competencia. Una de sus caracterizaciones es la capacidad de poner en práctica de forma integrada, en diversos contextos y situaciones, los conocimientos, destrezas y actitudes desarrollados en el aprendizaje. Teniendo en cuenta que, en algunas ocasiones, las reformas educativas son criticadas por introducir términos que no suponen una auténtica novedad, merece la pena detenerse en analizar esta definición, preguntándonos si la introducción de competencias supone una nueva forma de abordar el currículo, o si se trata principalmente de un cambio terminológico. En

nuestra opinión, supone dos novedades importantes (Jiménez Aleixandre, 2010): en primer lugar pone énfasis en la *puesta en práctica*, la aplicación de lo aprendido a contextos y situaciones nuevas y en segundo lugar se plantea la *integración de saberes* conceptuales, destrezas y actitudes.

La relevancia acordada a la aplicación de lo aprendido no es una cuestión menor, pues uno de los problemas del aprendizaje escolar (en ciencias u otras materias), detectado tanto por el profesorado como por la investigación educativa, es la incapacidad de una gran proporción del alumnado para aplicar los conocimientos y destrezas a situaciones nuevas. A ello nos referiremos más adelante. En segundo lugar, se reconoce la necesidad de integrar distintos tipos de aprendizajes. Perrenoud (2004), uno de los autores que más se ha ocupado de las competencias, señala que las competencias movilizan, integran, orquestan los recursos de conocimientos, destrezas y actitudes tanto que no cabe confundirlas con estos recursos.

En resumen, como indican los desarrollos curriculares, «la introducción de las competencias básicas permite poner el acento en aquellos aprendizajes que se consideran imprescindibles, desde un planteamiento integrador y orientado a la aplicación de los saberes» (BOE, 21-07-2007, currículo de la ESO).

Otro aspecto que no se puede olvidar es que en los documentos curriculares se subraya la necesidad de que todas las materias contribuyan al desarrollo de las competencias básicas (aunque lo hagan en distinta medida). Es decir, aunque en este apartado nos centremos sobre todo en la competencia científica, la enseñanza de las ciencias también debe contribuir al desarrollo de las otras competencias, por ejemplo, en comunicación lingüística (como puede ser aprendiendo a leer y redactar distintos tipos de textos científicos); matemática (es evidente la necesidad de esta competencia en el aprendizaje de las ciencias); tratamiento de la información y competencia digital (necesaria, por ejemplo, para acceder a información científica); social y ciudadana (puesto que gran parte

de las cuestiones científicas tienen relevancia social, y como ciudadanos y ciudadanas las y los estudiantes deben estar preparados para abordarlas); para aprender a aprender (al ser imposible enseñar todo o siquiera parte del conocimiento científico actual, lo relevante es dotar al alumnado de herramientas para aprenderlo); autonomía e iniciativa personal (necesaria para participar en la construcción y uso del conocimiento científico), e incluso cultural y artística (para entender el papel de la ciencia en la cultura contemporánea, para apreciar, por ejemplo, la belleza de un paisaje natural, etc.).

En cuanto a la *competencia científica*, en los documentos curriculares se define como la capacidad¹ para interactuar con el mundo físico, tanto en sus aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de tal modo que se posibilite la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de seres vivos. Como han señalado distintos autores (Cañas, Martín y Nieda, 2007; Jiménez Aleixandre, Bravo y Puig 2009), dentro de la competencia científica pueden considerarse tres dimensiones o capacidades requeridas para su desarrollo que están presentes tanto en los marcos de PISA (OCDE, 2006) como en los currículos del Ministerio de Educación, y que están relacionadas entre sí:

- a) Identificar cuestiones científicas (investigables por parte de las ciencias).
- b) Explicar fenómenos científicamente.
- c) Utilizar pruebas.

Identificar cuestiones que pueden ser investigadas por las ciencias, incluye distinguir entre fenómenos que pueden ser explicados por las ciencias, o no pueden (la segunda), así como seleccionar información, y por tanto cómo seleccionar datos y pruebas apropiados (lo que se relaciona con la tercera). Podemos formular la segunda como explicar

los fenómenos físicos y naturales por medio de modelos científicos, es decir usar modelos para interpretar fenómenos. En cuanto al uso de pruebas, para poder elegir entre distintas explicaciones a un fenómeno, es decir, para evaluar conocimientos científicos (lo que se conoce como argumentación), es necesario utilizar pruebas y su análisis conduce también a generar nuevas preguntas.

2.1.1.2 Cambios en los objetivos, las metodologías y los contenidos en este nuevo marco competencial

Estos cambios nos llevan a abordar las consecuencias de esta perspectiva en los objetivos de aprendizaje de las ciencias, preguntándonos ¿qué consecuencias tiene esta perspectiva enmarcada en el desarrollo de competencias para los objetivos de aprendizaje de las ciencias?

De acuerdo con la caracterización de la competencia científica en los currículos de primaria y de la ESO (esta caracterización está formulada en idénticos términos en ambas etapas), esta competencia supone la aplicación de estos conocimientos para dar respuesta a las necesidades de las personas, de las organizaciones y del medio ambiente. Se indica que el desarrollo de esta competencia implica la capacidad para poner en práctica los procesos propios del análisis y la indagación científica: identificar y plantear problemas; realizar observaciones con conciencia del marco interpretativo que las dirige; formular preguntas; localizar, obtener, analizar y representar información, plantear hipótesis; realizar predicciones e inferencias; e identificar el conocimiento disponible, necesario para responder a las preguntas, y para obtener, interpretar, evaluar y comunicar conclusiones.

Es decir, como se indicaba en el apartado anterior, el desafío que supone esta nueva perspectiva es el de una enseñanza que tiene como objetivo que los alumnos y alumnas sean capaces de aplicar los

conocimientos construidos, y no únicamente repetir enunciados o memorizar definiciones; que sean capaces de poner en práctica los procesos propios de la indagación científica, o lo que podríamos decir, las prácticas científicas.

En cuanto a las consecuencias para la enseñanza de las ciencias, tenemos que abordar al menos dos: en primer lugar, es necesario un cambio en la metodología, incluyendo actividades y tareas que demanden del alumnado la aplicación, la puesta en práctica de los conocimientos (incluyendo contenidos, destrezas y actitudes) de ciencias en una variedad de contextos y en segundo lugar, estas actividades precisan un tiempo, lo que lleva a la cuestión de los contenidos.

Las competencias se desarrollan practicándolas, por lo que, en nuestra opinión, una consecuencia de este enfoque por competencias es que el objetivo de que el alumnado sea capaz de aplicar los conocimientos en distintos contextos y situaciones requiere que durante la instrucción se planifiquen actividades y tareas que precisen esta aplicación de conocimientos por el alumnado (Jiménez Aleixandre, 2010). Creemos que no es posible (al menos no lo es para la gran mayoría) que se impartan los conocimientos sin guiar al alumnado en su aplicación y que después se pretenda que desarrollen por su cuenta la capacidad de aplicarlos, es decir, la competencia.

Un ejemplo que puede ilustrar esta cuestión es uno de los criterios de evaluación (el 9) de la Biología y Geología de 4.º de ESO (pág. 31707 del BOE de 21-07-2007):

«Explicar cómo se produce la transferencia de materia y energía a largo de una cadena o red trófica concreta y deducir las consecuencias prácticas en la gestión sostenible de algunos recursos por parte del ser humano. Se trata de evaluar la capacidad de relacionar las pérdidas energéticas producidas en cada nivel con el aprovechamiento de los recursos alimentarios del planeta desde un

punto de vista sustentable (consumo de alimentos pertenecientes a los últimos niveles tróficos) y las repercusiones de las actividades humanas en el mantenimiento de la biodiversidad en los ecosistemas (desaparición de depredadores, sobreexplotación pesquera, especies introducidas, etc.) y la necesidad de contribuir a su protección para avanzar hacia el logro de la sostenibilidad.»

Aunque los enfoques tradicionales sobre la enseñanza de las ciencias den por supuesto que las y los estudiantes de 15 y 16 años pueden relacionar conocimientos teóricos, como la pérdida de energía de un nivel trófico al siguiente (que, recordemos, es del 90 %), con sus implicaciones en la vida real, en términos de aprovechamiento de los recursos alimentarios, la investigación educativa muestra que esto no es así (Bravo Torija y Jiménez Aleixandre, 2010; 2011). Una alta proporción pueden ser capaces de enunciar el flujo de energía y la llamada «regla del 10 %» (es decir que solo el 10 % de la energía de un nivel trófico estará disponible en el siguiente), pero la mayoría experimentan serias dificultades para aplicarlo, por ejemplo, decidir si una extensión dada de tierra proporcionará más recursos alimentarios destinándola a cultivar arroz o a hierba para el ganado. O más aún, para decidir qué es menos eficiente, en términos ecológicos, si comer peces carnívoros secundarios (como salmón) u otros situados en niveles tróficos más bajos (como sardinas o arenques).

Según los estudios realizados sobre esta cuestión, son necesarias al menos cinco o seis sesiones de clase realizando actividades de aplicación en distintos contextos para que el alumnado de 4.º de ESO sea capaz de poner en práctica estos conocimientos sobre la transferencia de energía. Comprender lo que significa en términos prácticos una gestión sustentable de los recursos naturales, y en concreto de los recursos alimentarios, va mucho más allá de la simple adopción de términos o etiquetas como sustentable o biodiversidad. Y lo mismo podríamos decir de los

demás criterios de evaluación de esta u otras materias de ciencias.

Estas actividades se deben llevar a cabo no una sola vez, sino varias y en distintos contextos. En otras palabras, que no es suficiente la explicación del o de la docente, sino que el alumnado practique estas competencias.

PROPUESTA 1

La enseñanza de las ciencias debe incluir actividades y tareas que demanden del alumnado la aplicación de los conocimientos.

Esto responde al objetivo de orientar la enseñanza de las ciencias al desarrollo de la competencia científica, trabajando las capacidades de identificar cuestiones, explicar fenómenos y utilizar pruebas.

Para que el alumnado llegue a desarrollar la capacidad de poner en práctica o aplicar los conocimientos científicos en distintos contextos y situaciones, es necesario un cambio en las metodologías de enseñanza de las ciencias. Es preciso incluir actividades y tareas, problemas y situaciones experimentales que demanden del alumnado la puesta en práctica y la aplicación de los conocimientos en una variedad de contextos ya que las competencias se desarrollan practicándolas.

La formación del profesorado de ciencias debe incluir también este tipo de tareas, para servir de modelo del enfoque metodológico en las clases de ciencias.

La perspectiva que pretende el desarrollo de competencias y, en particular, el énfasis en la puesta

en práctica de lo aprendido y la necesidad de que la enseñanza incluya actividades y tareas que requieran esta aplicación por parte del alumnado, llevan a una consecuencia, que es la necesidad de profundos cambios en los contenidos del currículo de ciencias. Este debe dejar de estar constituido por un gran número de temas (que necesariamente no pueden ser abordados en profundidad en el tiempo disponible y ello conduce a un tratamiento superficial).

La alternativa es un núcleo reducido de contenidos comunes (lo que se conoce como el *core* o núcleo) y una serie de temas opcionales entre los que el profesorado puede elegir. Así, los contenidos comunes podrían ser abordados en profundidad mediante proyectos de indagación o unidades didácticas diseñadas en torno a tareas de aplicación que integren conocimientos de distintos tipos. Como indica el Informe Nuffield (Osborne & Dillon, 2008), los resultados de estudios sobre el interés e implicación del alumnado adolescente en las ciencias sugieren que es preferible el trabajo de indagación o experimentación de cierta duración, que el énfasis en la adquisición de conceptos.

Esta reducción en extensión de los contenidos es consecuencia también del crecimiento exponencial de los conocimientos científicos, que hace imposible abordar todos ellos en la enseñanza. De ahí que una de las competencias básicas, tanto en la Unión Europea como en España, sea *Aprender a aprender*. En otras palabras, la enseñanza de las ciencias no puede proponerse formar especialistas en biología, geología, física o química, sino personas especializadas en aprender. Lo importante no es cubrir un programa de carácter enciclopédico, sino dotar al alumnado de herramientas para seleccionar información, evaluarla, integrarla en explicaciones, o comparar explicaciones en base a las pruebas disponibles en cada momento.

Sin embargo, a lo largo de las últimas reformas educativas puede constatar que la reducción en el número de horas asignadas a las ciencias, que es de más de un 30 % (por ejemplo, en los dos últimos cursos de la ESO ha pasado de 5 + 4 horas semanales

en la LGE a 3 + 3 horas, siendo optativas en el último curso, lo que puede conducir a 3 + 0 horas) no se ha visto acompañada de una reducción equivalente en la extensión de los contenidos de los programas, como analizan Jiménez y Sanmartí (1995). Puede ser que la reducción en el número de horas sea necesaria, debido a la incorporación de nuevas materias, pero esta disminución debe trasladarse a los contenidos, o de otra forma el profesorado de ciencias se ve sometido a una carrera contra reloj en su esfuerzo por cubrir un programa de gran extensión.

Las personas que estamos implicadas en la investigación e innovación educativas encontramos con frecuencia que el mayor obstáculo para llevar al aula propuestas de indagación, unidades didácticas en las que el alumnado debe participar en actividades de aplicación de conocimientos, es la falta de tiempo percibida por el profesorado. Las actividades de modelización o de uso de pruebas requieren tiempo para que el alumnado desarrolle estas competencias, en contraste con una explicación del docente que se completa en una sesión de clase. Mas como ha mostrado la investigación didáctica en los últimos 30 años, las explicaciones no garantizan que el alumnado sea capaz de aplicar los conocimientos.

PROPUESTA 2

Es recomendable reducir la extensión de los contenidos de ciencias a un núcleo común que pueda ser abordado en profundidad.

Para que la enseñanza de las ciencias pueda incluir actividades y tareas que demanden la aplicación de los conocimientos, se hace necesario reducir los contenidos a un núcleo manejable. El énfasis debe estar en aprender a aprender.

Una segunda consecuencia se refiere a la conexión de los contenidos con la vida real, es decir que sean percibidos por el alumnado como relevantes para su vida, lo que se conoce como *actividades o tareas auténticas* (Jiménez Aleixandre, 2010). Para las personas expertas en ciencias no hay dudas sobre el impacto de los desarrollos científicos y tecnológicos en nuestra vida cotidiana, pero los currículos de ciencias no siempre manifiestan esta relación, siendo percibidos por el alumnado como abstractos y alejados de sus intereses. Es necesario realizar un esfuerzo para conectar los conocimientos de ciencias con su contexto social, hacer explícita su relevancia, y creemos que ello puede contribuir a aumentar el interés y la motivación del alumnado hacia las ciencias. En particular es necesario transformar los currículos de física, para hacerlos también atractivos para las alumnas, para atraer a más mujeres hacia las opciones y carreras de física e ingeniería, donde aún son una minoría.

Al sugerir la conexión entre las ciencias y la vida real, no podemos olvidar la gran presencia social de corrientes pseudocientíficas, que adoptan el nombre de «ciencias» para utilizar el prestigio de la investigación científica, pero que en realidad constituyen un conjunto de dogmas inamovibles y no sujetos a contrastación experimental, en el mejor de los casos, y en el peor, como supuestos métodos de curación sin base empírica o teórica, llegan a ser estafas. Con esto no queremos indicar que todo lo que no son ciencias son pseudociencias, puesto que hay otros campos diferentes. Pseudociencias son las que pretenden ser ciencias, sin someterse al escrutinio del razonamiento y la evaluación por pruebas, que son el motor de la ciencia. Las ciencias cambian constantemente, las pseudociencias no cambian. Así por ejemplo, la astrología, la parapsicología o la homeopatía, algunas de las cuales pudieron ser ciencias en otras épocas, han sido hoy día desechadas por su falta de base.

Dotar al alumnado de herramientas de aprendizaje, supone ayudarles a desarrollar el pensamiento crítico, a formarse sus propias opiniones, a distinguir entre conocimientos fundados (sobre las pruebas disponibles en un determinado momento, que pueden cambiar), y creencias infundadas. Esta capacidad es importante, tanto para poder distinguir una publicidad engañosa, o no considerar fiables el horóscopo y la carta astral, como por desgracia, y según las encuestas de opinión, aún sucede entre el alumnado universitario. Es decir, los contenidos de la enseñanza de las ciencias deben atender, además de a preguntas sobre por qué, a preguntas sobre cómo se construye el conocimiento científico, sobre cómo utilizar el pensamiento crítico para distinguir, entre la avalancha de informaciones disponibles, las que son fiables de las que no lo son.

PROPUESTA 3

Es necesario establecer una conexión de los contenidos con la vida real.

Los currículos de ciencias no siempre manifiestan esta relación, siendo percibidos por el alumnado como abstractos y alejados de sus intereses.

Por ello, es necesario conectar los conocimientos de ciencias con su contexto social para que sean percibidos por el alumnado como relevantes para su vida, lo que se conoce como *actividades o tareas auténticas*. Creemos que ello puede contribuir a aumentar el interés y la motivación del alumnado hacia las ciencias.

2.1.2 La evaluación y los procesos de mejora

Desde hace unos años, todos los sistemas educativos se plantean el problema de la evaluación, y es que la evaluación es uno de los campos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias que requiere una revisión más a fondo, ya que condiciona, por un lado, lo que el profesorado (y también las familias y la sociedad en general) considera que es importante enseñar y, por el otro, lo que los estudiantes valoran que es importante aprender. Además, se tiende a implantar cambios en los sistemas educativos y a generalizar innovaciones sin haber evaluado previamente ni las causas de los problemas, ni si la innovación puede dar respuesta a dichos problemas.

Desde el punto de vista de los estudiantes, el principal inconveniente de cualquier tipo de evaluación se relaciona con los posibles fracasos. A unos les lleva al desánimo y, en general, a la disminución de su autoestima. A otros, a la copia, a la mecanización y memorización sin sentido, y al desarrollo de estrategias contrarias a lo que debería ser un buen aprendizaje.

Por otro lado, nuestro sistema educativo tiende a poner en marcha muchos programas innovadores sin tener en cuenta las investigaciones realizadas o resultados de evaluaciones anteriores, y tampoco se busca evaluar, antes de generalizar las propuestas, los resultados de su aplicación a pequeña escala.

En general, hay un gran acuerdo en que sin cambiar la evaluación –qué se evalúa, cómo y para qué– no se puede hablar de que realmente esté cambiando la práctica de la enseñanza de las ciencias. La investigación en el campo de la enseñanza de las ciencias está de acuerdo en que sin cambiar la evaluación no cambiará la enseñanza y el aprendizaje, y también en que estos cambios no son superficiales. Pero todos los estudios muestran que se sigue evaluando como siempre.

En este apartado abordaremos este problema desde tres perspectivas. Por un lado, estudiaremos qué implicaciones puede tener el evaluar el conocimiento científico desde una *visión competencial*. Por otro lado, nos cuestionaremos qué función deberían tener las *pruebas de evaluación externas* y, finalmente, plantearnos qué nos dicen los *resultados de las evaluaciones externas* realizadas en los últimos años.

2.1.2.1 ¿Qué implica evaluar el conocimiento científico desde una visión competencial?

Nuestro sistema educativo no tiene la cultura de la evaluación como parte del proceso de enseñanza y aprendizaje. Siempre se percibe solo desde su función de clasificación y selección del alumnado y, en cambio, pocas veces se reconoce su función de regulación de los errores y dificultades del alumnado.

Sin embargo, cuando la finalidad es conseguir que muchos más estudiantes tengan éxito aprendiendo ciencias, la función seleccionadora de la evaluación es la menos relevante y en cambio se debe dar más importancia a la función reguladora del aprendizaje y de la enseñanza.

Una evaluación desde el punto de vista competencial del aprendizaje se relaciona fundamentalmente con el poder comprobar si los que aprenden son capaces de aplicar los saberes asociados al conocimiento científico en la interpretación de hechos muy diversos y en la argumentación de las decisiones que se puedan tomar para actuar creativa y responsablemente en su entorno y en el ejercicio de su futura profesión.

Cuando se habla de saberes se refieren no solo a conceptos científicos más o menos abstractos y complejos, sino también a los relacionados con los procesos propios de la ciencia, como el de ser capaz de plantear preguntas investigables científicamente o

identificar pruebas que avalen unas conclusiones, o bien los que serían más actitudinales, como demostrar interés por analizar críticamente afirmaciones o actuar teniendo en cuenta la complejidad de los problemas reales e, incluso, ser capaz de trabajar en equipo o de autoevaluarse.

La finalidad, por tanto, no es evaluar si se sabe repetir un conocimiento, sino si se es capaz de activar todos estos saberes, interrelacionándolos, cuando se analizan y toman decisiones en relación con situaciones o problemas complejos, diversos e imprevisibles. En consecuencia, no tiene demasiado sentido que las actividades de evaluación se refieran a cuestiones simples, que tengan en cuenta solo alguna variable, ni que sean muy fácilmente reproducibles de los ejemplos o ejercicios trabajados en clase.

Pero este enfoque de la evaluación no parece sencillo de llevarse a la práctica, y es que incluso para profesores que innovan en las actividades que aplican en el aula, sus actividades de evaluación y los referentes en que se fundamentan para tomar decisiones tienen poco que ver con una evaluación de la competencia científica.

Por ejemplo, las preguntas incluidas en el programa PISA, en cuya definición y redacción han intervenido gran número de reconocidos investigadores en didáctica de las ciencias de diversos países y continentes, parten siempre de un problema o hecho recogido en una noticia de un periódico o en una narración, que normalmente incluye esquemas o gráficos y proporciona todas las informaciones necesarias. Alrededor de esta situación plantea cuestiones que buscan evaluar diferentes dimensiones de la competencia científica. Este tipo de actividades de evaluación requieren leer y escribir, ya que aunque hay cuestiones que son de opción múltiples siempre hay alguna en la que se ha de argumentar, plantear preguntas, criticar, etc.

No se evalúa si los estudiantes saben repetir informaciones que se pueden encontrar en libros o en internet, sino su capacidad para encontrarlas eficien-

temente (por ejemplo, a partir de palabras-clave). Esto no quiere decir que no se pida al alumnado que almacene en su memoria conocimientos, pero solo aquellos que necesita para buscar y comprender la información.

En cambio, si analizamos la mayoría de pruebas de acceso a la universidad en España o de exámenes propuestos por el profesorado se podrá constatar que las preguntas y problemas planteados se rigen por otros criterios: requieren recordar y repetir informaciones y resolver problemas prototípicos que poco tienen que ver con hechos reales y, mucho menos, con transferir el conocimiento. Además, son saberes que se olvidan rápidamente debido a que no se usan habitualmente.

PROPUESTA 4

Señalar la importancia de una revisión de los métodos y preguntas de evaluación dentro de un marco competencial.

Los métodos y preguntas para la evaluación de aprendizajes científicos deberían orientarse a identificar la competencia en la aplicación de saberes de todo tipo (conceptos, procesos, habilidades...) para resolver problemas complejos y para argumentar decisiones. Se deberían revisar las actuales pruebas de evaluación en todos los niveles educativos y disponer de una amplia batería de ejemplos de actividades y preguntas para que el profesorado pueda aplicarlos y generar de nuevos, así como para que las familias identifiquen qué comporta actualmente un buen aprendizaje de las ciencias.

2.1.2.2 *¿Qué función deberían tener las pruebas de evaluación externas?*

Aunque la evaluación externa solo es un elemento más entre otros muchos de los que inciden en la mejora de la escuela (y, en general, de la educación científica de un país), no hay duda que sin evaluar es difícil poder tomar decisiones fundamentadas. Sin embargo, en nuestro sistema educativo no se reconoce que la evaluación es la estrategia que posibilita identificar las variables relacionadas con el funcionamiento del sistema educativo que favorecen o no el éxito escolar.

Las evaluaciones externas orientadas a la mejora de un sistema educativo tienen sentido si hay el compromiso de tener en cuenta los resultados para orientar dicha toma de decisiones. En caso contrario es perder tiempo y dinero.

No es extraño, por tanto, que los trabajos realizados en el marco del proyecto PISA-OCDE se hayan centrado en la evaluación y no tanto en la elaboración de nuevas propuestas curriculares o de materiales didácticos. El programa evalúa resultados de aprendizaje, pero sobre todo pretende identificar posibles causas que expliquen los resultados de cada país y las diferencias entre ellos, y así promover que cada uno pueda tomar decisiones fundamentadas.

Al mismo tiempo, al revisar a fondo qué aprendizajes científicos son relevantes y cómo evaluarlos, está ayudando a replantear las finalidades de una educación científica.

A modo de resumen, podríamos decir que las principales funciones de una evaluación externa son, por un lado, proporcionar referentes concretos –a los profesores y a las familias– sobre lo que una sociedad (en función de su cultura, de la investigación científica y didáctica, y de condicionamientos socioeconómicos) considera que se debe aprender en un momento histórico determinado. Por eso es tan importante que estas evaluaciones se funda-

menten en referentes actualizados y no sean reproductoras de puntos de vista que responden a otros tiempos.

Estas evaluaciones deben permitir, además, la identificación de las variables que explican mejor los resultados y poder tomar decisiones priorizándolas, al tiempo que posibilitan la comparación entre sistemas educativos, escuelas, materiales didácticos y actividades, para reconocer buenos ejemplos, diagnosticar y autoevaluar los puntos fuertes y débiles, y poder diseñar planes de acción orientados a la mejora de la educación científica.

PROPUESTA 5

Potenciar los mecanismos de evaluación externa que, dando ejemplo de lo que requiere una evaluación en el marco de las competencias, sirvan de base para la toma de decisiones sobre la enseñanza de las ciencias.

Desde los agentes responsables se debe promover la creación de evaluaciones externas que sean consideradas como base indispensable para la toma razonada de decisiones en materia de enseñanza de las ciencias. Ello debe ser llevado a cabo a través de pruebas de evaluación que ejemplifiquen lo que supone una evaluación en el marco de las competencias y que permitan estudiar qué variables pueden explicar los resultados.

Las evaluaciones externas también tienen desventajas, especialmente si no son muy coherentes con las finalidades de una enseñanza de las cien-

cias de tipo competencial, ya que el profesorado tiende a enseñar pensando solo en cómo entrenar mejor a sus estudiantes para superarlas con éxito. Otro de los inconvenientes es que muchas veces los exámenes externos no favorecen la autonomía del profesorado, ni el desarrollo de su capacidad innovadora. Por el contrario, añaden presión y estrés a su trabajo y bloquean la toma de decisiones distintas a las relacionadas con promover dicho entrenamiento.

Por tanto, para que la evaluación repercuta en un proceso de innovación y mejora de la enseñanza de las ciencias, es clave la concreción de sus objetivos y cómo se plantea el proceso de toma de decisiones a partir de los resultados obtenidos, implicando al profesorado. No hay que olvidar que la variable profesor continua siendo la más importante cuando se analizan los resultados.

2.1.2.3 ¿Qué nos dicen los resultados de las evaluaciones realizadas en los últimos años?

Partiendo de los resultados de las evaluaciones externas realizadas en los últimos años, podemos extraer varias conclusiones sobre la situación actual de la enseñanza en general (y de las ciencias en particular) y plantear propuestas en base a las mismas.

En lo que se refiere al posible carácter compensatorio de desigualdades de nuestras escuelas, los resultados muestran que la principal variable que correlaciona con los resultados del alumnado es la clase social –y más específicamente, en los casos que se ha analizado, el nivel de estudios de la madre– (Ferrer, Ferrer y Castel, 2006). Esto nos indica que nuestro sistema educativo es muy poco compensador de las desigualdades sociales y que, estadísticamente, los resultados se explican más por la ayuda que reciben los y las estudiantes en su contexto familiar que no en la escuela.

Estos condicionantes afectan actualmente de forma especial al colectivo de jóvenes inmigrantes. Sus resultados son mucho más bajos y la proporción de los que acceden a estudios de bachillerato científico es muy baja (y no es mucho más alto el número de los que acceden a la formación profesional de tipo tecnológico). Hay que tener en cuenta que en nuestro país este alumnado representa el 8 % de la población escolar y en algunas comunidades llega casi al 20 %.

Paralelamente, el análisis de los resultados a escala muy pequeña demuestra que hay escuelas que sí que son compensatorias. En España, estos resultados no son públicos, por lo que las diferencias no han sido investigadas. Aun así, por estudios realizados en otros países, parece que la variable más importante es el equipo de profesores y su convencimiento de que todos los estudiantes pueden aprender a pesar de sus condicionamientos, no renunciando a conseguirlo (Domingos, 1989). Estos condicionantes a menudo ya se dan en la escuela primaria.

PROPUESTA 6

Desarrollar políticas educativas que promuevan la equidad en la educación científica.

Una de las propiedades de nuestra sociedad es la de conseguir que se puedan compensar desigualdades. No se pueden tratar por igual todas las escuelas cuando actualmente hay tantas diferencias en el alumnado que acogen. Se deberían priorizar las acciones orientadas a estimular al profesorado y alumnado de los centros con más dificultades.

Las evaluaciones también demuestran que nuestro sistema educativo tiene un bajo porcentaje de estudiantes que alcanzan niveles de excelencia, en general y para las ciencias. Para algunos, estos resultados se explican por el hecho de que en nuestro país la escuela no establece vías diferenciadas según los niveles del alumnado, pero cabe recordar que la escuela de Finlandia también integra todo tipo de alumnado y, en cambio, tiene altos resultados de las evaluaciones PISA (y en otras). Por otro lado, países como Alemania que sí separan a los estudiantes desde los 9 años, aunque obtiene resultados algo mejores en los niveles altos, no son superiores a los de otros países que tienen sistemas educativos integradores y, además, su media no es muy diferente a la de España.

Aunque no hay buenos estudios sobre el tema, parece que la excelencia se gesta en la etapa de primaria, después de haber conseguido una buena base y desarrollar interés por las ciencias. Pero también es muy importante la secundaria obligatoria, que es cuando el alumnado toma decisiones sobre lo que le interesa o no.

Por otro lado, los niveles de excelencia de la escuela española se explican más por las características del estudiante, que por la escuela en la que estudia. Son estudiantes que aprenden con cualquier método y con cualquier enseñante. En cambio sí hay estudios que demuestran que es posible conseguir buenos niveles de excelencia con estudiantes menos capacitados o con menos interés por aprender ciencias y, en estos casos, es donde es muy importante el papel del profesorado y del trabajo en equipo (Sanmartí y Sardà, 2007).

Si se evalúa nuestro sistema educativo por el número de jóvenes que se presentan a las pruebas de disciplinas científicas para el acceso a la universidad, nuestro *ranking* es bueno en comparación con otros países. Pero aunque no hay estudios comparativos sobre ello, sí que parece que nuestros estudiantes se caracterizan mayoritariamente por ser

reproductores, con un estilo de aprendizaje concienzudo, pero al mismo tiempo poco creativos y sin capacidad de aplicar un pensamiento divergente y crítico, ni trabajar en equipo. No hay duda que este hecho se ve favorecido por el tipo de pruebas de acceso a la universidad, ya que el profesorado tiende a enseñar pensando en cómo superarlas con éxito.

En nuestro país, los resultados globales no muestran diferencias importantes entre chicos y chicas (excepto en comprensión lectora y a favor de las chicas).

PROPUESTA 7

Desarrollar políticas educativas que promuevan la excelencia en la educación científica.

Estas políticas educativas deberían empezar en la escuela primaria, promoviendo una buena base no solo en la relación a una actitud positiva hacia la ciencia, que ya existe, sino muy especialmente en proporcionar buenas bases en conocimientos de todo tipo para que el paso a la secundaria no represente una brecha insalvable. Especialmente se debería incidir en la enseñanza de temáticas relacionadas con contenidos de física y de química cuya presencia en esta etapa es mínima.

Al mismo tiempo, se debería estimular una mayor conexión entre los contenidos que se aprenden en las aulas de secundaria, la ciencia moderna y los problemas del mundo actual, abriendo los centros de investigación y estimulando la conexión escuela-trabajo-investigación.

Las evaluaciones realizadas también demuestran que el interés por la ciencia y por su aprendizaje disminuye mucho con la edad y, muy especialmente, con el aprendizaje de la física y la química (y no tanto con el de la biología). Por ejemplo, el estudio realizado por Marbà (2008) con alumnado de 11-16 años, muestra que en 2.º de ESO, cuando en aquellos momentos en los institutos la asignatura se orientaba solo al estudio de física y química, el nivel de interés bajaba mucho y, en cambio, volvía a subir en 3.º, cuando se volvían a trabajar temas de biología.

Para mejorar el interés por aprender ciencias, muchas de las propuestas didácticas se orientan al estudio de temas próximos a la vida del alumnado, en lo que se han llamado currículos Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS). Sin embargo, por sí solo este enfoque no parece ni explicar ni resolver el problema. Ya en los años setenta del siglo pasado, se incidió en revalorizar la experimentación en la enseñanza científica, pero se comprobó que aunque mejoró el interés del alumnado por la ciencia, no se incrementó el número de los que optaron por continuar aprendiéndola después de los cursos obligatorios. El problema de base es que consideran que es difícil tener éxito en su estudio, por lo que opinan que «*la ciencia es interesante pero no es para mí*» (Jenkins y Nelson, 2005).

Por tanto, aunque se trabaje más experimentalmente o a partir de analizar problemas reales (CTS), si finalmente cuando se evalúa el nivel de conocimiento de las ideas científicas continua manifestándose un gran fracaso, el alumnado no opta por áreas en las que están convencidos que fracasarán. Actualmente parece que el reto se centra en qué y cómo enseñar las ideas científicas básicas de forma que los estudiantes las aprendan y reconozcan no solo que es interesante la ciencia sino que la pueden aprender. Además está demostrado que cuando los profesores se implican en una innovación concreta y que afecta a varios cursos, mejoran los resultados de la enseñanza.

PROPUESTA 8

Promover el desarrollo de materiales didácticos innovadores para la enseñanza de las ciencias.

Se debería estimular la participación del profesorado en proyectos de innovación en la enseñanza de las ciencias y su colaboración en el diseño de materiales adaptados a los distintos tipos de alumnos y alumnas. Es importante la implicación de los propios profesores en dichos proyectos y que abarquen distintas etapas educativas. Pero también es necesario el compromiso y colaboración de instituciones y organismos externos a la escuela para posibilitar que el alumnado reconozca la relación entre lo que se aprende en el aula y sus aplicaciones.

Por último, constatar que las evaluaciones que se realizan muestran que la mejora de los resultados se produce a largo plazo y como consecuencia de un gran acuerdo social. Los resultados actuales de Finlandia se explican por el pacto social a favor de la educación que se acordó hace más de 20 años. Y las diferencias en los resultados de la mayoría de los países, comparando el primer informe PISA con el último (2000 y 2009), no son demasiado diferentes. La profesión de enseñar es muy conservadora, ya que se tiende a enseñar lo mismo que se aprendió de joven y a aplicar la metodología que el profesorado cree que le fue útil para aprender. Pero cada persona tiene su propio estilo de aprendizaje y motivaciones, y la educación científica actual debe responder a necesidades sociales distintas.

2.1.3 Los retos a la formación inicial y continuada del profesorado de ciencias

La necesidad de renovación de la enseñanza de las ciencias presentada en los apartados anteriores, tanto con respecto al nuevo objetivo marco educativo competencial y sus consecuencias (la necesidad de reducir los contenidos y cambiar las metodologías), como a la necesidad de replantearse la evaluación interna y externa de forma que acompañe e informe este proceso, plantean serios retos al profesorado de ciencias.

Como se decía en el apartado de profesorado de la parte 1 de este documento, la importancia del profesorado en la educación en general, y el caso de las ciencias no es una excepción, nunca ha sido más reconocida internacionalmente. Hace escasamente 5 años el citado informe *Teachers' Matter* de la OCDE dejó claro algo que gobiernos, investigadores, educadores, padres y alumnos sabemos desde hace mucho tiempo: que la calidad del profesorado IMPORTA (en mayúsculas). El informe no deja lugar a dudas:

«Entre las variables con las que los gobernantes podrían actuar, las que ejercen la influencia principal sobre la experiencia de los alumnos son las relacionadas con los profesores y la enseñanza. Normalmente hay consenso en que la “calidad del profesor” es la única variable escolar principal que influye sobre los resultados de los alumnos.» (Pág. 2. OECD, 2005).

Si bien es difícil no estar de acuerdo con esta afirmación, resulta complejo caracterizar qué es «calidad del profesor» y, sobre todo, pensar si esta calidad del profesor que tanto importa puede empezar a conseguirse en la formación inicial y continuarse en la formación continuada.

En su revisión sobre la relación entre la calidad del profesorado y su impacto en los resultados de

los estudiantes en Estados Unidos, Darling-Hammond (1999) caracteriza la calidad del profesorado utilizando los siguientes criterios «cuantificables»: la formación en la disciplina, la formación didáctica (cursos y certificaciones), la experiencia docente y el uso de variedad de métodos de enseñanza y aprendizaje. De entre todas ellas es la formación didáctica la disciplina, sobre todo de nivel superior (de máster y posgrado universitario) la que tiene mayor impacto en los resultados de los estudiantes. Es interesante ver que el conocimiento disciplinar y la experiencia, aunque también influyen sobre los resultados, no son significativos una vez superado un cierto umbral. Por otro lado, el uso de variedad de métodos de enseñanza y aprendizaje, que sí tiene una gran influencia, correlaciona con la formación didáctica recibida.

Aunque estos resultados no pueden sorprender, muestran lo efectiva que puede ser la formación inicial y continuada si se hace bien. Sin embargo, la formación de profesores de ciencias en España adolece de varias problemáticas, algunas ya señaladas al presentar la estructura de esta formación en la primera parte de este informe.

2.1.3.1 Formación inicial de los profesores de ciencias

La formación inicial de los profesores de ciencias, tal como se ha presentado en otros apartados, es muy diferente para los profesores de ciencias de primaria y secundaria. El caso de la primaria adolece de formación científica de base, ya que los alumnos que ingresan en las facultades de educación para cursar al antiguo magisterio, o el actual grado de enseñanza primaria o infantil, en ocasiones no estudian ciencias desde los 15 años. Esto no sería problemático si los estudios mencionados compensaran esta limitación con asignaturas de ciencias y, sobre todo, didáctica de las ciencias. Sin embargo, la presencia de

asignaturas relacionadas con la enseñanza de las ciencias es muy poca en general.

En la antigua formación equivalente a la diplomatura, esta falta de formación científica se achacaba a la falta de especialización en ciencias (que desapareció con la LOGSE de 1990) y, sobre todo, a la escasez de tiempo en una formación generalista que solo abarcaba 3 años. Sin embargo, y a pesar de que lo reciente de estas nuevas titulaciones de grado para profesores de infantil y primaria dificulta un análisis exhaustivo, la sensación general es que esta situación no se ha revertido al pasar a una formación inicial de 4 años. Por ejemplo, en la universidad de la autora y a pesar de los beneficios que, creemos, significará poder tener menciones en ciencias en el cuarto curso, las asignaturas de ciencias representan únicamente un 6 % de la formación de los maestros generalistas o con otras especializaciones. Para los profesores especializados en ciencias, a este porcentaje hay que añadir un 12,5 % más de especialidad, que afortunadamente irá acompañado de prácticas en las escuelas orientadas desde el ámbito científico. Por supuesto, estos datos varían de unas universidades a otras, pero en general un primer análisis de casos cercanos ofrece una panorámica similar. Otras áreas, como matemáticas y lenguaje, al considerarse instrumentales sí tienen un peso importante en la formación inicial de todos los maestros. Las ciencias, sin embargo, no consiguen ocupar el mismo nivel, a pesar de que comparativas y análisis internacionales como PISA, en la OCDE se incluyen las tres áreas de forma equiparable. Tampoco tienen relevancia en la práctica propuestas curriculares interesantes en las que parte de estos aprendizajes instrumentales de lengua y matemáticas se realizan en el contexto de los contenidos, entre ellos el científico.

En este sentido, los cambios en la formación de profesores de ciencias con los nuevos grados es muy bien recibida y creemos que la posibilidad de formación de especialistas en ciencias que permite la LGE

de 2006 es una gran noticia. Sin embargo, sigue sucediendo que la formación inicial en ciencias de los maestros generalistas, que son la mayoría de los profesores de primaria actualmente en las aulas y que será también el perfil de los nuevos profesores con formación de grado dando clase a los alumnos más jóvenes (sobre todo ciclos inicial y medio), es muy insuficiente con respecto a la enseñanza de las ciencias. En este sentido no es de extrañar la sensación general de que en primaria se hacen muy pocas ciencias, priorizándose los contenidos sociales a los de ciencias naturales cuando se enseña *Conocimiento del medio* y realizándose una enseñanza, como se comentaba en el estado de la cuestión de este documento, de corte transmisivo y poco indagativa o experimental.

En el caso del profesorado de secundaria, donde la formación científica de base es muy alta (los profesores de ciencias son licenciados en disciplinas científicas y comparten, por tanto, la misma formación de base que los científicos en ejercicio), la enseñanza adolece de problemas similares. Esto indica que, como mostraba Darling-Hammon (1999), tener conocimientos científicos es condición *sine qua non*, pero no suficiente. De hecho, en el caso del profesorado de ciencias de secundaria una excesiva importancia dada al conocimiento científico, generalmente entendido como extenso y centrado en los detalles, altamente matematizado y necesariamente abstracto y descontextualizado, así como escasa formación didáctica, dificulta enseñarlo de acuerdo a los nuevos planteamientos competenciales. Para los profesores de secundaria la formación didáctica en la disciplina, es decir, la formación en enseñanza de las ciencias, tiene un papel muy relevante en la mejora de la práctica docente.

En este sentido, la nueva formación inicial de los profesores a nivel de máster, en la que se amplía la formación relacionada con la enseñanza de las ciencias, se trata de una buena noticia sorprendentemente reciente. Los datos que tenemos no dejan

dudas de que la formación anterior, basada en un modelo de *mucha ciencia más algo de pedagogía y didáctica para enseñar ciencias* era totalmente insuficiente. Los resultados de la última encuesta internacional de la OCDE a profesores en ejercicio (TALIS) reflejan de forma evidente aspectos que sabemos que son males endémicos de nuestro profesorado y sistema educativo (OCDE, 2010). Al situarlos en el referente internacional, la encuesta nos muestra cómo de importantes realmente son. En el caso de nuestro profesorado resulta especialmente preocupante la preferencia clara por un modelo de enseñanza de corte transmisivo respecto a uno constructivista y la falta de discusión y colaboración profesional entre los profesores. Una formación en didáctica de las ciencias que “plante semilla” para que se reconozcan y puedan superarse estas dos problemáticas debe afrontarlas como sus retos principales a la hora de formar profesores de secundaria.

En este sentido, si hubiera que decir cuál es el objetivo último del nuevo máster de formación de profesorado, este sería revertir, para el profesorado en formación inicial, el resultado de la encuesta TALIS al profesorado español. Esta encuesta muestra que nuestro profesorado es el primero de la cola (solo seguidos por Bulgaria, Malasia e Italia) en tener preferencia por un modelo de enseñanza transmisivo frente a uno de corte constructivista. A pesar del consenso constructivista del que ya hace más de una década hablamos en el campo y afines (Bransford, Brown *et al.*, 1999), sabemos de la investigación, y ahora también de los propios profesores, que este modelo no ha calado en la mayoría del profesorado de secundaria. Y puesto que no ha calado, no es generalmente el modelo en el que tuvieron éxito académico los futuros profesores. Revertir esta situación reside en que sea este el modelo con el que se plantean las sesiones de didáctica del máster, centrándose en la innovación y la reflexión.

PROPUESTA 9

Promover el replanteamiento de la formación inicial de los profesores de ciencias, en particular en las edades tempranas, en consonancia con la renovación de la enseñanza de las ciencias que se persigue.

Los nuevos marcos para la formación inicial de profesores de primaria y secundaria, a nivel de grado y máster respectivamente, son buenas noticias. No debe, sin embargo, dejar de monitorizarse que estas formaciones cumplan los objetivos establecidos. En el caso de los profesores de primaria, la necesidad de formación sobre enseñanza de las ciencias es de gran importancia, al identificarse una escasa formación en ciencias y, sobre todo, en didáctica de las ciencias en los mismos.

La formación inicial docente debe centrarse en promover las nuevas formas de enseñar las ciencias y en fomentar las colaboraciones entre docentes y con expertos en enseñanza de las ciencias, para revertir la tendencia a la enseñanza tradicional de corte transmisivo y al aislamiento docente que caracteriza a nuestro profesorado en las comparativas internacionales.

Por otro lado, TALIS también señala que otro reto para nuestro profesorado de secundaria es superar el aislamiento docente, puesto que en el ámbito de la colaboración profesional vuelve a estar en la cola internacional. A pesar de que existe colaboración para la organización de la enseñanza y el intercambio de ma-

teriales, la cooperación entre docentes en nuestro país es, de entre la comparativa de países encuestados, la que más a menudo se desarrolla de forma superficial (de la organización del día a día) con respecto a la colaboración realmente profesional (sobre aspectos relacionados con enseñar y aprender algo). En este sentido, tenemos el profesorado más alejado de formar el modelo de «comunidad de aprendices» que la literatura propone para una profesión que se debe convertir en la profesión de aprender (Stoll, Bolam *et al.*, 2006). Esto hace plantearse cómo están organizados los centros, qué dificultades existen en los mismos como entorno laboral, así como qué tipo de exigencias y compensaciones recibe el profesorado que limitan o no incentivan suficientemente la cooperación profesional de los mismos.

2.1.3.2 La formación continuada de los profesores de ciencias

Tanto la herencia de una formación inicial insuficiente en algunos casos e inadecuada en otros, como los retos que plantean tanto los nuevos marcos curriculares como, sobre todo, el objetivo de aumentar la educación y formación científica de los alumnos, indican la necesidad de una buena formación continuada para el profesorado de ciencias.

En este sentido, es necesario poner de manifiesto la necesidad de una renovación y actualización continuada en didáctica de las ciencias y ciencias a lo largo de la carrera profesional de los docentes tanto de primaria como de secundaria. En este sentido, y a pesar de una oferta de formación continuada más que suficiente en términos cuantitativos en nuestro país (con el consecuente gasto asociado), esta formación no siempre produce los resultados esperados, en particular con respecto al cambio en la enseñanza de las ciencias, como comentan los propios docentes en la encuesta TALIS y hace tiempo viene señalando la investigación en didáctica de las ciencias. Esto es así de-

bido a la desconexión de muchas propuestas de formación con respecto a la realidad de las aulas y los profesores, tanto respecto de sus contenidos como de sus formatos. En general, las propuestas formativas que ofertan las administraciones carecen de las características que la literatura atribuye a la formación continuada capaz de producir desarrollo profesional docente y cambio educativo: se ha de plantear a largo plazo y de forma continuada en el tiempo; debe producirse con visión sistémica (no solo a nivel de profesorado sino de escuela); debe basarse en la reflexión y la indagación para solucionar problemas de enseñanza; realizarse de forma colaborativa entre docentes y con otros agentes; desarrollar con los profesores actividades análogas a las que se realizan con los alumnos teniendo en cuenta lo que sabemos de cómo se aprende y, especialmente importante en el caso de la enseñanza de las ciencias, estar centrada en la disciplina (Couso, 2009). Esto contrasta con la formación en cursos cortos, aislados, orientados a temáticas generales o técnicas, dirigidos al profesor individual, desproblematizados y de tipo teórico y altamente transmisivo que configuran una parte importante la oferta de formación continuada existente.

Quizá por la mencionada falta de oferta de formación continuada no adecuada, quizás por sustentar una visión de la enseñanza de las ciencias que no ayuda a darse cuenta de la necesidad de formación para el cambio, lo cierto es que desde la profesión docente no se demanda una mejor formación en enseñanza de las ciencias. En el caso del profesorado de ciencias de secundaria, la encuesta TALIS refleja que en general existe la sensación de suficiente formación y la preferencia por temáticas formativas transversales, como la resolución de conflictos o la atención a la diversidad, muy por delante de la formación en enseñanza de las ciencias. Aunque en el caso de primaria no hay datos cuantitativos, nuestra experiencia nos señala que ocurre algo similar con respecto a la demanda de formación, en este caso en aspectos técnicos como la inclusión de las nuevas tecnologías. En nuestra opinión, es

necesario revertir esta tendencia y conseguir que el profesorado de ciencias demande y obtenga una formación continuada en el ámbito que le ayude a enfrentarse al reto de una enseñanza de las ciencias competencial. No se trata de menoscabar la formación en otros ámbitos, sino de hacer evidente que algunos de los intereses formativos del profesorado se asocian a problemáticas más fáciles de solucionar si las ciencias se enseñaran de otra forma: por ejemplo, una enseñanza de las ciencias diferente (contextualizada, aplicada, orientada a la comprensión de las grandes ideas y donde la indagación y la experimentación tuvieran un papel importante) puede generar un cambio positivo de actitudes en el aula debido al aumento de la motivación y el interés de alumnos y profesores. Del mismo modo, los aspectos técnicos asociados a la enseñanza, como el uso de herramientas informáticas o nuevas tecnologías, aunque importantes, no deben monopolizar la formación de los profesores. Debemos recordar que la función de estas herramientas es mejorar la enseñanza, entre otras, de las ciencias. Si no se tiene claro cómo hacer buenas clases de ciencias, sin estas herramientas, tampoco se conseguirá sin la reflexión didáctica necesaria.

Además, cuando se pregunta a los profesores qué experiencias formativas son las que consideran que les ayudan más, los profesores indican en la misma encuesta que la formación relacionada con la investigación en la práctica y la reflexión docente son los tipos de formación más significativos.

Por todo lo anterior, consideramos que se hace indispensable señalar las problemáticas asociadas a la formación continuada de profesores de corte tradicional y potenciar nuevos formatos de carácter más continuado y sistémico, como los grupos de reflexión e innovación, en los que los profesores colaboren con otros profesores, formadores y/o expertos en enseñanza de las ciencias con el objetivo de reflexionar, investigar y modificar su práctica docente, avanzando en la mejora de materiales didácticos y ejemplos de buenas prácticas que den respuesta a

los nuevos planteamientos de la enseñanza de las ciencias. Estas participaciones así como la obtención de buenos resultados deberían tenerse en cuenta en la carrera docente de los profesores, una de las asignaturas pendientes en nuestro país.

PROPUESTA 10

Promover el replanteamiento de la formación continuada de los profesores de ciencias en consonancia con la renovación de la enseñanza de las ciencias que se persigue.

Para los profesores en ejercicio se debería ofertar y estimular la demanda de iniciativas de formación enfocadas a la enseñanza de las ciencias en el marco competencial, priorizando aquellas iniciativas que fomenten la indagación y reflexión docente sobre su propia práctica, que sean continuadas en el tiempo y coherentes en su formato con aquello que se quiere enseñar, así como orientadas no solo a los profesores individuales sino también a los centros.

Estas actividades de formación deberían evaluarse para poder determinar su impacto y mejorarse, así como tenerse en cuenta de forma más adecuada en la carrera docente de los profesores.

La apertura de la comunidad científica a la escuela, mediante colaboraciones entre científicos en ejercicio y docentes, puede ser aprovechada para aumentar la cultura, el interés y el conocimiento de los profesores de ciencias, como actualización científica y estímulo de los mismos por este área de conocimiento y su enseñanza.

Un último problema asociado indirectamente con la formación continuada, pero que tiene una enorme influencia en la misma, es la relación entre esta formación y los sistemas de recompensa y promoción de la prácticamente inexistente carrera laboral de los docentes en España. Ocurre que la formación continuada en España, aunque necesaria para obtener ciertos reconocimientos como trienios, se convierte en un mero peaje a pagar para obtener estas promociones por cuanto no importan generalmente los resultados de dichos cursos (que en su mayoría ni siquiera se evalúan), sino el simple hecho de cursarlos. En este sentido, la formación de profesores adolece del mismo mal que antes se indicaba para la enseñanza: el no reconocimiento de la necesidad de evaluación como regulación de los procesos, para informar las acciones futuras.

Para finalizar, creemos importante destacar que la colaboración de los profesores de ciencias con científicos cercanos e interesados en el ámbito de la enseñanza, aunque no sustituye la formación inicial y continuada realizada por expertos en formación docente, puede ser de gran ayuda y un estímulo para la actualización científica de los mismos, así como para aumentar su participación en actividades educativas de tipo científico tanto fuera como dentro de las aulas. En este sentido, la apertura de la comunidad científica a la escuela puede ser aprovechada para aumentar la cultura, el interés y el conocimiento de los profesores de ciencias, en particular de los profesores de las etapas tempranas cuya formación no incluye una especialización en ciencias.

REFLEXIONES SOBRE LA CIENCIA EN EDAD TEMPRANA EN ESPAÑA:

LA PERSPECTIVA SOCIAL

«Existe un consenso general acerca de que los ciudadanos de Europa tienen que estar alfabetizados científicamente e incluso demostrar actitudes positivas sobre la ciencia si tenemos que lidiar con los retos globales que nos plantea el futuro. Tomar decisiones y realizar elecciones de forma informada es necesario. Una población alfabetizada científicamente solo será posible si enfatizamos la enseñanza de las ciencias en todos los niveles de nuestros sistemas educativos. Nunca es demasiado pronto para empezar a enseñar ciencias. Las observaciones e impresiones que tenemos en nuestra infancia se añaden a nuestra base experiencial para las ideas y pensamientos que tendremos más adelante en nuestras vidas. Una sociedad que valora la enseñanza de las ciencias en las edades tempranas es una sociedad que tiene el potencial de crear una sociedad alfabetizada científicamente.»

Dra. DORIS JORDE

Catedrática de Didáctica de las Ciencias
Universidad de Oslo



2.2 Reflexiones sobre la ciencia en edad temprana en España: la perspectiva social

CLAUDI MANS

El objetivo del estudio de la perspectiva social dentro de la iniciativa ENCIENDE consiste en un análisis de la visibilidad de la ciencia en el entorno social externo a los centros docentes, y en sugerir acciones y actividades que puedan mejorar la visibilidad y la comprensión de la ciencia, con el objetivo de que el clima social favorable potencie y favorezca a su vez la predisposición a su estudio. El presente análisis se limita a considerar, por tanto, la formación informal, que puede ser tan poderosa e influyente como la formación reglada, pero menos guiada desde el mundo político y educativo.

2.2.1 Contextualización

¿Qué percepción tiene la sociedad respecto de la ciencia? Esta simple pregunta no tiene una única respuesta, porque la sociedad no es monolítica ni hay una única ciencia. Como se ha comentado en el estado de la cuestión en el inicio de este Informe, las *Encuestas sobre la percepción social de las ciencias* realizadas bienalmente por la FECYT suponen el análisis más detallado disponible de ámbito estatal. Al margen de que algunas de sus preguntas sean probablemente mejorables, el dato más notable de sus prolijos resultados y conclusiones es que, en conjunto, un 67 % de la sociedad española está in-

teresada o muy interesada en la ciencia y la tecnología, y ello sería, de ser cierto, un resultado francamente optimista. Pero es probable que esta cifra sea algo engañosa, y debería incluirse en la encuesta algún indicador que validara si lo que un encuestado manifiesta es lo que realmente cree y si actúa de acuerdo con ello.

Hay otros resultados notables en la encuesta, como el que aproximadamente un 13 % de la población afirme que visita una o dos veces al año un museo científico o tecnológico (FECYT, 2008). Los datos de asistencia a tales instalaciones lo avalan en términos generales. Centros como los de CosmoCaixa Barcelona o Madrid, o el complejo de museos científicos de Valencia superan con mucha holgura los dos millones de visitas anuales, más de cuatro en el último de los citados. En cambio, el consumo de productos culturales como programas de televisión específicos, o libros o revistas, no arroja resultados tan optimistas.

Por su parte, el Eurobarómetro n.º 340 (EC, 2010) sobre percepción de la ciencia y la tecnología en Europa presenta también un panorama relativamente optimista. El 79 % de europeos (en España, un 81 %) afirma estar interesado o muy interesado en la ciencia y la tecnología, un valor superior a su interés por el deporte. Y aunque en España un 50 % se siente bien informado sobre aspectos científicos y

técnicos fundamentales, la otra mitad de la población reclama más información.

En ambas encuestas se estratifica por edades, niveles de formación, nivel socioeconómico y otros, y, como es de esperar, a mayor cultura o mayor nivel socioeconómico más interés se afirma tener en los temas científicos y tecnológicos (aunque de forma más crítica), y se hace mayor uso de metodologías activas, como asistencia a debates o conferencias, o búsqueda de información por internet. Este último aspecto es también mayoritario entre jóvenes.

Se echa en falta en ambos trabajos una reflexión crítica ante aparentes –o reales– contradicciones entre el grado de interés expresado por el ciudadano y el escaso consumo de productos informativos relacionados con la ciencia. Las propias encuestas citadas muestran que los medios de comunicación masivos dedican escaso espacio y tiempo a temas científicos, y otros medios más especializados –televisiones temáticas como Discovery Channel– tienen una escasísima audiencia confesada: un 0,1 %, según FECYT (FECYT, 2009).

Se desprende de las encuestas citadas que la ciencia sigue siendo considerada como algo positivo por la mayor parte de la población, pero su complejidad, dificultad de lenguaje y el esfuerzo sistemático que requiere su comprensión genera distanciamiento. En cambio, entre los profesionales de la ciencia y entre los comunicadores científicos es dominante la impresión de que por parte de la sociedad, en general, hay falta de interés y de motivación por los temas científicos, que dichos temas siguen estando poco valorados, y que hay una incultura científica generalizada.

En este contexto, se hace necesario analizar cuál es el papel de la divulgación y la cultura científica para la cual cabe distinguir diferentes niveles de actuación: el de la población en general, el de los futuros profesionales del ámbito científico-técnico y el de los futuros científicos.

Con respecto a la población en general, esta debería poder adquirir una perspectiva del entorno natural y artificial que permitiera la identificación de objetos, sustancias, organismos, sistemas y fenómenos a todos los niveles, y visualizar la aportación de las ciencias y las tecnologías para acercarse a un mundo más sano, más seguro, más justo y más cómodo. Al mismo tiempo, una comprensión de los principios científicos básicos, como la conservación de la materia y la energía así como de la lógica del método científico: deducción, experimentación, y emisión, validación y refutación de hipótesis. Finalmente, la visualización de los valores asociados a la ciencia y los científicos: planificación sistemática, imaginación, confianza en los demás, trabajo en equipo y perseverancia.

Por otro lado, los futuros profesionales en ramas científicas y técnicas deberían tener asumidos los aspectos anteriores, y alguno más como la capacidad de usar la ciencia pertinente para la resolución de problemas específicos o el estímulo para la formación continuada.

Por último, los futuros científicos deberían tener asumidos todos los ámbitos anteriores, pero también la motivación para la creación científica y para la movilidad y el trabajo en equipos multidisciplinares y multiculturales.

Para paliar esta situación, en los últimos años ha habido en España una clara evolución positiva en la disponibilidad de lugares, momentos y herramientas que favorecen *a priori* la culturalización científica en el entorno social.

De un lado, las administraciones públicas que financian la investigación han incluido la divulgación y difusión de los resultados de la investigación entre las obligaciones de los equipos. En paralelo, la propia comunidad científica ve la necesidad de rendición de cuentas a la sociedad, no solo como obligación, sino también como sistema de difusión de sus resultados y, sobre todo, de creación de imagen, lo que favorece la disponibilidad futura de subvenciones. Se encuen-

tran ejemplos en todos los campos científicos, pero en el ámbito biosanitario, por su incidencia sobre la salud de las personas, es donde es más sencillo visualizarlo.

Diversas fundaciones con fines sociales han considerado la culturalización científica como una de sus prioridades. Ayuntamientos y comunidades autónomas han visto en las actuaciones de temática científica una vía de culturalización tanto como de creación de imagen propia. Por ello, se han desarrollado programas diversos que van desde la generación de espacios al fomento de actividades culturales o la subvención directa a entidades y asociaciones con ideas de actividades a desarrollar.

Se ha comentado anteriormente el éxito de los museos de ciencia, diseminados por todo el territorio. Su modelo de exploración abierta y no dirigida es apreciada tanto para la enseñanza de contenidos reglados por parte de los docentes como para el ocio familiar con contenido. Al mismo tiempo, la obsolescencia tecnológica de muchas instalaciones industriales ha permitido la proliferación de centros relacionados con la arqueología industrial reciente o antigua, lo que ha contribuido además a la dinamización de núcleos de población de economía deprimida. El mismo comentario es válido para todo el sistema de espacios naturales con distintos grados de protección y su sistema de visitas.

Las semanas y ferias de la ciencia han proliferado también a escala general, autonómica y local. Una de las actividades más abundantes en sus programas –y la más fácil de organizar a falta de más ideas o de mayor voluntad de dedicación– es la sesión de puertas abiertas a las instalaciones de los centros participantes. Por su parte, diversos centros de investigación de alguna envergadura mantienen programas propios de demostración de sus investigaciones, con participación de estudiantes y otros colectivos. Las ferias de la ciencia se han desarrollado preferentemente en el marco de las actividades académicas, presentaciones de proyectos escolares de investiga-

ción y similares, pero pueden también desarrollarse al margen del ámbito escolar.

En lo que se refiere a los medios de comunicación clásicos la perspectiva no es tan optimista. Cabe distinguir aquí la información sobre la actividad científica de centros y científicos, de la información científica relacionada con alguna catástrofe o situación de emergencia. La primera suele darse cuando algún equipo ha desarrollado alguna investigación de interés potencial, y suele tratarse de una actuación preparada y de carácter positivo. En cambio, en el segundo caso el tratamiento de la información es más ambiguo. Aparece en ciertas piezas informativas la responsabilidad directa, no de las malas prácticas, sino de la ciencia o de la tecnología como tales en la situación no deseada, lo cual puede generar una aversión o descrédito del ámbito científico o tecnología involucrados. Por otra parte, en tales situaciones los medios precisan urgentemente del científico una opinión experta inmediata, que en la mayoría de los casos no puede estar bien fundamentada, por la urgencia, por el desconocimiento del experto de la situación exacta del evento, o porque se le pregunta por un ámbito que no es exactamente el de su especialidad; y es bien sabido que el científico es muy reacio a responder con afirmaciones taxativas y sobre temas de otro ámbito. En ambos casos se aprecia la necesidad de la mejora de la comunicación entre científico y medio.

No son muchos los periódicos que mantengan explícitamente páginas específicas de ciencia no relacionadas con los hechos noticiables. Con todas las excepciones que se quiera, más bien la tendencia parece ser la de ilustrar con voces autorizadas científicas las noticias generales. Ciertamente el mundo científico, debido a su propia metodología y ritmo de trabajo, no suele generar abundantes noticias de impacto, y por ello los periódicos generales suelen hacerse eco de noticias científicas tomadas de la prensa especializada, o bien proporcionadas y filtradas previamente por los gabinetes de comunicación.

Las revistas de divulgación para el gran público se limitan a la paradigmática *Muy Interesante*, fundada hace 20 años, que a su éxito mantenido de lectores se suma la crítica de ciertos científicos a sus contenidos y estilo. Tal discusión es una ilustración perfecta de la disyuntiva entre público amplio y nivel científico, al que se volverá en las propuestas de mejora. Otras revistas de alta divulgación, como *Investigación y Ciencia* se dirigen en principio a un público mucho más restringido.

Por último, los libros de divulgación científica empiezan a despegar, con algunos relativos *best-sellers*. Muchos de ellos son traducciones de autores extranjeros, pero otros son publicados por autores nacionales, desde la doble perspectiva de científico que divulga su investigación, o bien de divulgador de la investigación de otros. Se da aquí, a escala reducida, el fenómeno de las modas temáticas: hay temporadas con éxito para los libros sobre salud, sobre la mente, sobre matemáticas, sobre ciencia del espacio, sobre biología, o, más recientemente, sobre ciencia en la cocina. Se echa en falta una adecuada divulgación, especialmente de la química y otras disciplinas que han sido motivo de estudio entre los museos de ciencia. También, a cierta escala, se da el fenómeno de autores mediáticos, como Eduard Punset o Valentí Fuster. La perspectiva de futuro es optimista, si bien para un entorno relativamente cerrado, salvo los últimos ejemplos citados, entre otros pocos.

En el mundo audiovisual clásico, las televisiones generalistas programan en ocasiones espacios científicos que suelen estar limitados a aspectos de la naturaleza de la Tierra, o al espacio, con cierta producción propia vinculada al medio ambiente o al ecologismo, en la línea de *El Escarabajo Verde*. Suelen ser comunes reportajes sobre temas conflictivos relacionados con la ciencia, como el cultivo de transgénicos, el cambio climático o la energía nuclear. Otro tipo de programas con contenido científico son los que presentan experimentos espectaculares, como *El Hormiguero*. También están presentes, con

mayor o menor frecuencia y audiencia, programas como *Redes* o *Quèquicom* (en la televisión autonómica catalana), con mayor vocación divulgativa. La proliferación de cadenas ha llevado a la aparición de numerosas productoras de contenidos para los medios, algunas de las cuales se han especializado en contenidos científicos variados. Las televisiones temáticas como los canales Discovery en sus diversas temáticas o National Geographic cumplen un buen papel y sus reportajes son habitualmente de gran calidad, pero su audiencia es reducida.

Los debates televisivos o radiofónicos son un arma de doble filo. Con mucha frecuencia se producen debates sobre temas con una componente científica o tecnológica, como el cierre de las centrales nucleares, algún episodio de seguridad alimentaria, la crisis energética, una nueva terapia para curar o paliar alguna enfermedad temible, el cambio climático, terapia génica, los transgénicos, las energías renovables, la nanotecnología, la crisis de materias primas y del petróleo, y tantos otros temas... Para fomentar la audiencia, se procura en muchos casos el debate lo más ruidoso posible, sentando en la misma mesa a defensores de posturas encontradas. Ello es legítimo en temas cuyos aspectos técnicos no cabe someter a discusión, y el debate se centra en debatir la oportunidad social o económica del tema, como sería un debate sobre un trasvase. Otra cosa, y rechazable, es plantear debates sobre temas en los que hay un consenso en la comunidad científica, pero que se contraponen a planteamientos no validados científicamente. Se muestra al experto científico y al contraexperto con la misma credibilidad a los ojos del público porque ambos se sientan en la misma mesa, y en el planteamiento del debate están en igualdad de condiciones, con el agravante que en el juego televisivo argumentar y razonar basándonos en evidencias no es garantía de convencer. Cualquier debate sobre un tema candente es susceptible de enfocarse correctamente, pero suele transformarse en un pugilato entre ciencia y pseudociencia, que a

los ojos del público no avisado es visto como un debate entre dos posturas científicas ambas plausibles, y sobre las que los científicos no se ponen aún de acuerdo.

Aunque no de forma buscada, la publicidad está también relacionada con la presencia de la ciencia en los medios. En efecto, muchos mensajes publicitarios se basan en argumentos científicos. Ello es un arma de doble filo. En la publicidad televisiva o gráfica de diversos productos –cosméticos, automóviles, detergentes–, la tecnología y la ciencia son valores positivos: la *bata blanca* es el testimonio experto y la fuente de confianza. En cambio, en los productos alimentarios los valores predominantes son la tradición, la *naturalidad*, el *equilibrio*, el hecho de que un alimento sea *completo* y sin que estén avalados por un científico sino por una abuelita o por una mamá. Aquí aparece una terminología relativamente científica, pero polisémica. El uso publicitario de términos científicos –en su literalidad, no en su sentido genuino– son un aval al producto, pero generan una confusión –no explicitada– al espectador poco avisado.

Muchas radios clásicas mantienen espacios especializados dedicados a las ciencias, de mayor o menor interés. Las temáticas son variadas, aunque predominando probablemente los temas más próximos al público general, como temas de salud, de seguridad alimentaria, de medio ambiente. Su labor es positiva, pero su audiencia y su impacto probablemente escasos.

En cambio se aprecia una explosión de plataformas en la red de comunicación científica. Centenares de *blogs* individuales o de grupos de investigación muestran al día la investigación propia, o son comentarios sobre la investigación ajena, y llenan el espacio en una telaraña de referencias mutuas. Las webs de instituciones científicas de todo tipo muestran sus centros, sus investigaciones, experimentos en red, noticias... No se concibe una entidad con algo que decir que no lo diga en red. Como fuente

de difusión rápida de contenidos es óptima, si bien su impacto es muy variable.

Toda la actividad de los diferentes medios indicados ha llevado a la necesidad de formación de cohortes de comunicadores científicos. Procedentes de las carreras científicas, o de las carreras relacionadas con la comunicación en todos los sentidos, la profesión de comunicador científico es una salida profesional vista como interesante y motivadora para muchos graduados. Su incorporación a los puestos de trabajo es muy variable pues los medios de comunicación clásicos tienen plantillas muy estables o a la baja.

En cambio, se ha generado gran número de gabinetes de comunicación tanto en las nuevas iniciativas de comunicación (diarios digitales), como en instituciones de divulgación, museos clásicos y modernos, y, obviamente, en los centros de investigación, universidades y en grupos de investigación potentes. Muchos de estos gabinetes son de dimensiones reducidas y sometidos a los vaivenes de las estructuras de dirección de los centros a los que sirven, por lo que la movilidad de los profesionales es muy alta. En correlación con ello, una parte significativa de profesionales se deriva hacia una actividad de *free-lance*. Ello permite suponer que existe la necesidad de proporcionar al colectivo mecanismos ágiles de formación, de información y de plataforma de comunicación entre profesionales. Existen asociaciones de comunicadores, que en algunos casos incluyen periodistas y científicos. Tales estructuras pueden dinamizar a estos profesionales, pero se debería también potenciarlas para facilitar su labor.

2.2.2 Identificación de problemáticas y recomendaciones

Al reflexionar sobre el contexto social en el que se pretende incidir para ayudar a la motivación para la

formación en ciencias y tecnología, aparecen dos tipos de problemáticas: las genéricas de la sociedad occidental, y las específicas de la sociedad española. Los principales rasgos característicos que, de forma genérica, inciden en la dificultad de transmitir valores, líneas de pensamiento y actuaciones para fomentar el gusto por las ciencias y su formación, son, en términos generales y con todas las excepciones que se quieran, los siguientes.

Por un lado, hay *poca conciencia de que la sociedad descansa sobre principios basados en la ciencia y la tecnología*. Este hecho, en el fondo asumido por todos, se da por descontado, sin asumir la necesidad del esfuerzo continuo que representa la mejora y el progreso en todos los temas. Además, los medios de comunicación fomentan frecuentemente el sensacionalismo, al seleccionar entre sus informaciones los temas de más espectacularidad, especialmente los relacionados con terapias milagro, o con riesgos apocalípticos de todo tipo. En este sentido, las pseudociencias están presentes en todos los medios, casi siempre mostradas en pie de igualdad con la ciencia, en confrontación con ella, pero con matices más positivos por plantear propuestas más sencillas, globales y en lenguaje más directo.

Por otro lado, *no se respeta y valora de la forma que merece el conocimiento científico como conocimiento basado en evidencias y producto del consenso de muchos expertos* y, por tanto, un conocimiento altamente fiable. En muchos temas de relevancia social, especialmente en temas con implicaciones ideológicas o morales, por cada experto existe un contraexperto cuya opinión diverge sin, a veces, estar basada en evidencias. Esto dificulta que la discusión sea abierta y constructiva. En paralelo, socialmente se preconiza un uso exacerbado del *principio de precaución*: esto es, abstenerse de actuar hasta que no se hayan comprobado todos los efectos imaginables, comprobación que en muchos casos es imposible.

Es asimismo destacable el omnipresente *anumerismo* o dificultad de la comprensión de los valores numéricos y los órdenes de magnitud de los fenómenos o medidas.

En la sociedad española, además, se dan aspectos propios que se añaden a los anteriores como la poca tradición científica y tecnológica, con pocos períodos históricos en que la ciencia haya sido relevante y valorada socialmente. Al no existir demasiados modelos de ciencia y de científicos de referencia, es más difícil la identificación con los mismos y el mecanismo de arrastre social que pueden generar. Esta situación va cambiando hacia mejor a lo largo de los años. Se añade a esta realidad la existencia de un currículo y un forma de enseñar ciencias tradicional que muestran una relación muy escasa con los distintos aspectos de la vida cotidiana (ello es tema de análisis y propuestas en el apartado de enseñanza de las ciencias de este documento).

PROPUESTA 11

Crear un observatorio que evalúe la cultura científica de nuestra sociedad.

Este observatorio debería recoger periódicamente datos sobre las características del conocimiento científico general del país y proponer y priorizar actuaciones en función de los resultados obtenidos. Podría relacionar y comparar los resultados de las distintas evaluaciones que actualmente se realizan, analizarlas críticamente y proponer de nuevas, siempre en función de la posibilidad de aplicar las posibles propuestas que se deriven de la evaluación, informando la enseñanza de las ciencias y la comunicación científica.

Finalmente, es necesario hacer una reflexión sobre la *pseudociencia*, cuya presencia en nuestro entorno es innegable, y ante este hecho caben dos posturas, desde el mundo científico: su ignorancia, o el reconocimiento de que está ahí. Los medios de comunicación frecuentemente enfrentan ciencia y pseudociencia, por lo que la postura de la ignorancia es inviable si lo que se desea es la presencia social y la visibilidad de la ciencia, que no dispone ni del monopolio y el control de los medios, ni de un sistema comunicativo propio que pudiera vivir al margen.

Como consecuencia de todo lo anterior, hay un bajo nivel de cultura general, y especialmente de cultura científica y tecnológica comparativamente con otras sociedades de más tradición. Poder evaluar periódicamente estos niveles, analizando los posibles causantes de esta situación, ayudaría a plantear iniciativas dirigidas a una mejora de la culturalización científica de la sociedad.

El ámbito social puede contribuir de modo importante a la mejora de la percepción de la ciencia, del incremento del consumo de productos culturales con base científica, y, en definitiva, ayudar también a generar un clima social más favorable para la educación reglada en ciencias y para el auge de vocaciones científicas. Cabe distinguir dentro del ámbito social tres subámbitos diferenciados: el subámbito familiar, el subámbito del ocio y el tiempo libre, y el subámbito de la comunicación social. Evidentemente los tres se solapan en multitud de elementos, por lo que su análisis y las propuestas de mejora no pueden hacerse independientemente en muchos casos.

En el proyecto ENCIENDE, dentro de este ámbito social, se pueden distinguir globalmente dos tipos de propuestas: las dirigidas a incrementar la motivación de la población, especialmente la infantil y juvenil, hacia las ciencias; y las destinadas a incrementar la cantidad y calidad de la presencia de las ciencias, los científicos y sus producciones en la sociedad, y especialmente en los medios de comunicación. De los

tres subámbitos esquematizados aquí, los dos primeros —el familiar y el de ocio y tiempo libre— son especialmente idóneos para el fomento individual de motivación, valores y competencias que facilitarán el interés, la búsqueda y asimilación posterior de contenidos científicos.

A continuación se sugieren diversas propuestas de actuación en todos los subámbitos. Muchas de ellas no son de la incumbencia directa de científicos, docentes ni divulgadores científicos, por restringirse a entornos familiares o a actividades comerciales desarrolladas libremente por la iniciativa privada. El papel de científicos, enseñantes y divulgadores en tales actividades será el de facilitadores y promotores de espacios o momentos donde llevar a cabo las actuaciones a nivel privado, sin pretender asumir un dirigismo o tutela no pertinentes.

En lo que se refiere al subámbito familiar estricto, el estímulo de los padres es decisivo tanto para el éxito escolar como para la generación de mentes abiertas y estimuladas. Ello no es específico, evidentemente, de la educación para la ciencia. Obviamente la ciencia no tiene en muchos hogares el mismo papel que la lectura literaria u otras actividades culturales como la música o la expresión plástica. Para conseguir un entorno estimulante se requieren unos padres interesados y capacitados, y una cierta disponibilidad de medios y de entorno social, disponibilidad que incumbe en parte a la administración y también a la comunidad científica. Ello restringe probablemente las propuestas a ciertas tipologías familiares, y desde luego no siempre por razones económicas. Algunas de las propuestas no son, obviamente, científicas en sus contenidos, pero sí facilitan aproximarse a las prácticas y valores de la ciencia.

Un ejemplo de estas propuestas sería el fomento de las situaciones estimulantes en familia: participación en proyectos comunes entre todos los miembros de la unidad familiar, como organización de fiestas o conciertos familiares o la introducción pro-

gresiva del niño en los *hobbies* de los adultos (bricolaje, fotografía, naturaleza, informática, redacción). También el fomento de la lectura, la escritura y las aficiones artísticas, plásticas o musicales o las actividades en bibliotecas y ludotecas y las visitas a museos y exposiciones variadas.

Las excursiones, viajes, estancias, con contenidos y actividades variadas así como la asistencia familiar a eventos poco habituales, como eclipses, migraciones de especies, floraciones, fenómenos meteorológicos notables, pueden ser un buen contexto en el que desarrollar el interés por la ciencia, como también la organización sistemática de recuerdos, vivencias, experiencias o de diarios, cronologías, álbumes y colecciones, presentando los resultados a otros miembros familiares y sociales del barrio o del municipio, en el marco de actividades sociales periódicas (fiestas mayores, semana de la ciencia, feria de la ciencia y similares).

La cultura y motivación paternas son decisivas en todo el proceso de alfabetización y formación científica propuesto anteriormente, y aquí radica uno de los puntos débiles de toda propuesta en este subámbito. Allí donde el entorno familiar no llegue, debería ser el entorno social el que posibilitara el acceso a tales experiencias vitales motivadoras. Las formas de fomentar este tipo de actuaciones familiares solo indirectamente son incumbencia de la comunidad científica. La vía idónea para su impulso será, probablemente, a través del personal docente de niveles de infantil y primaria, por los conductos habituales de relación con los padres de sus alumnos. Estas son las edades en las que los padres pueden ser más receptivos a las citadas propuestas, en parte debido a la menor autonomía de sus hijos. Por tanto, en las acciones de formación científica dirigidas al profesorado de estas etapas se deberán incluir no solo aspectos relacionados con la enseñanza y aprendizaje de las ciencias para alumnos, sino también de metodologías y propuestas para el estímulo de la participación activa de sus entornos familiares.

PROPUESTA 12

Tomar conciencia de la importancia del papel de la familia en el fomento de la cultura científica.

En consecuencia se hace necesario el fomento y la facilitación de la involucración de las familias en actividades relacionadas con la ciencia, como los juegos científicos o las visitas a museos de la ciencia.

En el subámbito del ocio y tiempo libre, se comentan aquí diversas propuestas de actividades, relacionadas o no con el ámbito familiar. Por un lado, el fomento de juegos científicos y no científicos nos parece importante, pues el juego como simulación de la realidad es una vivencia insustituible. La enorme variedad de juegos permite potenciar aspectos muy distintos, todos de gran utilidad para la adquisición de muy diversas habilidades. Para una adecuada formación se debería recomendar suministrar al niño de forma progresiva una amplia variedad de juegos de todos los tipos, desde juegos experimentales de química, meteorología o botánica hasta juegos de conocimientos de cultura general, pasando por aparatos de observación similares a los profesionales (telescopios, microscopios, terrarios...).

Hay abundancia de juegos de estas tipologías en el mercado, que es en buena parte globalizado. Algunos de los productos son excelentes y de gran calidad. No es, por tanto, prioritario fomentar la creación de nuevos productos. En cambio, una acción que puede ser útil para los fines del proyecto es el uso de algunos de dichos juegos en acciones y actividades de difusión científica. Se relacionarían así las experiencias cotidianas del uso de juegos con los fe-

nómenos o conceptos científicos de superior nivel. Por indicar solo algunos ejemplos, en talleres de divulgación matemática pueden usarse juegos de azar de uso común. Para visualizar estructuras atómico-moleculares se puede recurrir a juegos de construcciones de piezas elementales. Y se pueden usar productos y utillaje de juegos comerciales de química, de biología o de cualquier otra área en talleres elementales de estas materias, trascendiendo de forma creativa las propuestas de las instrucciones de los propios juegos.

Por otro lado, las visitas a museos de ciencias u observatorios de naturaleza, entendiéndose aquí que su visita se realiza en un entorno familiar y de tiempo libre, al margen de su papel en la enseñanza reglada, que se desarrolla en otro contexto y con otros contenidos.

La tipología de centros, museos y observatorios es enormemente variada. Son de gran interés para personas ya motivadas, pero debería hacerse un esfuerzo de diseño de módulos, itinerarios y contenidos, para interesar inicialmente a visitantes poco motivados. El objetivo general de dichas instalaciones suele ser explícitamente la motivación, dejando en un segundo término la enseñanza y aprendizaje de contenidos. Un defecto importante del diseño de muchos de los módulos que permiten experimentar con los mismos es precisamente su excesiva facilidad de manipulación, solo tocando botones sin la más mínima comprensión de lo que ocurre en el módulo, por lo que deberían potenciarse ciertas mejoras, como plantear unidades con situaciones de la vida cotidiana relacionadas con el concepto científico implicado, quizá incluyendo los juegos indicados en el apartado anterior, o desafíos intelectuales con resolución a lo largo de la visita y potenciar los clics mentales. También sería oportuno introducir aspectos cuantitativos y de visión de futuro y especializar los módulos y sus contenidos para distintas edades y niveles.

En diversos campos en los que el uso de módulos es inviable, oneroso o poco práctico, pueden di-

ñarse talleres con monitores especializados. La química es un campo especialmente difícil de reducir a módulos, y la manipulación de determinados productos es inviable por parte de los visitantes. En cambio, los talleres de demostración con experimentos de base química son espectaculares y enormemente motivadores. Adicionalmente, sería necesario procurar redactar los textos explicativos para diferentes niveles de usuario, intentando rehuir los grandes paneles de texto, así como publicar guías de visita del museo para distintos niveles, edades y objetivos.

Estas propuestas de mejora requieren de la complicidad entre las direcciones de los museos y observatorios y la comunidad científica. La creación de foros de trabajo entre ambos colectivos es fácil, la comunicación es fácil también y los resultados pueden ser aplicables sin demasiadas dificultades.

En el ámbito del ocio destacan también actividades antes mencionadas como la Semana de la Ciencia o similar que, al margen de su éxito, deberían fomentar más la coordinación de actividades científicas a todos los niveles, mediante actividades transversales comunes a diferentes instituciones.

Otras actividades menos convencionales serían las colonias y los campamentos científicos. Son ideales para niños o adolescentes ya motivados y, de hecho, algunos proyectos van dirigidos a adolescentes y jóvenes especialmente seleccionados por su rendimiento académico. Otros se dirigen a colectivos locales o regionales motivados por un aspecto específico, como la mejora de algún entorno natural degradado, el estudio de un ecosistema marino, de una comarca, o las estancias en uno o varios centros de investigación donde se lleve a cabo un programa de actividades diseñado para el colectivo.

En la misma línea, el voluntariado científico es también una propuesta muy apta para el público adolescente y juvenil. A partir de cierta edad la propuesta de campos de trabajo arqueológicos o paleontológicos, la colaboración en campañas de obser-

vacación, etc., puede ser muy motivadora, siempre que no sea excesivamente tediosa, se muestre el progreso a partir de las observaciones o el trabajo realizado, y se potencien los aspectos relacionales, interculturales y lingüísticos, fomentando la presencia de jóvenes de distintas procedencias.

El desarrollo de acciones en este campo requiere la colaboración estrecha de la administración pertinente, la comunidad científica implicada y expertos en la comunicación científica y/o enseñanza de las ciencias, tanto para el diseño de actividades como para la formación de monitores especializados, la logística y la selección del personal asistente, pues se debe garantizar una capacitación en temática científica de aquellos que llevarán a cabo estas actividades.

Existen ya muchas iniciativas experimentadas en este sentido, por lo que solo cabe plantear su fomento allí donde se aprecie la carencia de las mismas, y su extensión a otros ámbitos. La mayor parte de aspectos comentados para los museos de ciencia sobre niveles y adecuación de lenguaje valen también para este tipo de actividades.

Otro eje de acción a desarrollar sería las visitas a centros científicos. Debería disponerse de un mecanismo sistemático, estable y desburocratizado de visitas a centros de investigación y centros tecnológicos, y complementariamente a industrias de todo tipo, por parte de grupos organizados de todos los niveles, incluyendo visitas escolares y población en general. Este mecanismo existe por parte de ciertas instalaciones, como depuradoras de aguas residuales, determinadas instalaciones industriales y museos. Sin pretender sustituir las iniciativas existentes, se trata de ofrecer un catálogo completo de disponibilidades, y fomentar la generación de visitas organizadas allí donde no exista, no solo organizando visitas para jóvenes (como ya se viene haciendo hasta ahora) sino también planteándose el reto de abrir estas instalaciones e industrias a los niños más pequeños.

PROPUESTA 13

Mejora, en calidad y cantidad, de la oferta de ocio relacionada con la ciencia, con la colaboración de científicos, Administración y el ámbito de la enseñanza de las ciencias.

Entendiendo que el tiempo de ocio es un buen ámbito en el que llevar a cabo el fomento de la cultura científica, se debe procurar ofrecer al máximo experiencias de calidad motivadora y formativa, con personal debidamente formado y con propuestas con un claro enfoque educativo para garantizar la promoción de la cultura científica.

Por último, el subámbito de la comunicación social, presencial o virtual, es donde la comunidad científica tiene presencia de forma directa, tanto en sus personas como en sus producciones. Es, por tanto, el que requerirá propuestas más específicas, de muy distinto nivel.

Por un lado, se hace necesario un plan de comunicación global. En este sentido, una primera propuesta de mejora deseable en el marco de la COSCE sería definir, dotar y mantener un plan de comunicación global más ambicioso que el actual, para la consecución de diversos objetivos deseables a través de iniciativas como la generación de una plataforma institucional estable de comunicación, que incluya web, organización de jornadas, boletín electrónico, forum/blog de debate y otros medios. Este canal debería permitir el acceso y participación activa de profesionales de la comunicación y científicos de forma individual, con asociaciones empresariales, sectoriales, temáticas, asociaciones de técnicos y asociacio-

nes científicas diversas. El web debería ser el portal de referencia para la búsqueda de información de la ciencia y de la promoción de la cultura científica en España para el profesional y para el interesado.

En paralelo, se debería garantizar el mantenimiento sistemático y actualizado de la red de contactos con los gabinetes de comunicación de universidades, centros de investigación, o parques científico-tecnológicos para facilitar el flujo de información y la generación de ideas de potencial interés de difusión de unos a otros centros y facilitar la presencia sistemática de científicos en los medios de comunicación para la presentación de las investigaciones propias de gran calidad. Ello requiere la complicidad de los medios interesados, que han de ver en la iniciativa una forma de facilitar su labor y no una voluntad de dirigismo, y plantearía la creación de un mecanismo de disponibilidad de equipos de científicos de referencia para la atención urgente a los medios de comunicación sobre cualquier noticia con componente científica. Ello existe de forma embrionaria en algunas universidades y centros, y los medios de comunicación lo usan con cierta frecuencia. Se echa en falta un mecanismo algo más ágil y puesto al día constantemente.

También se hace necesaria la potenciación de la relación de los científicos con las asociaciones ya existentes de divulgadores científicos y medios de comunicación. Se trata de colaborar con las existentes, ayudar a su generación allí donde no existan y haya masa crítica para crearla y buscar la complicidad activa de otros sectores sociales preocupados por la misma temática (gobiernos, educación, empresariado, sindicatos, colectivos de científicos y tecnólogos...), manteniéndose relaciones con colectivos análogos de otros países.

Para este mismo ámbito, y en relación con los debates (televisivos o radiofónicos) que comentábamos en el apartado anterior cabría mejorar los formatos, y quizá fomentar el diseño de un código deontológico o unas *buenas prácticas de debate* para evitar que la buena intención del científico que se presta a

debatir se vuelva en contra del propio mensaje científico. En cuanto a la publicidad que, como hemos comentado anteriormente puede utilizar los términos científicos de manera engañosa, quizá un sistema de comentario-denuncia de malas prácticas en este ámbito sería posible y deseable. Desde luego no se plantea aquí una regulación completa del mundo de la publicidad –más allá de la normativa vigente en materia alimentaria o sanitaria–, ni se preconiza la defensa de la ciencia como algo intocable. De lo que se trata es de que se incremente la cultura científica general, que haga más difícil el que la publicidad engañosa prolifere.

Finalmente, sobre la presencia de las variadas formas de pseudociencia mencionada antes, creemos que esta debería transformarse en una oportunidad para la ciencia y los científicos. Cabe la posibilidad de generar diversas acciones en este sentido, desde el desacomplejamiento y la voluntad de ser comprendidos. Muchas de las acciones que se han llevado a cabo han adolecido de exhibición de superioridad por parte de los impulsores de las iniciativas, y de la voluntad de desprestigio de los pseudocientíficos y, lamentablemente, de los usuarios y de los creyentes. Esta estrategia se revela inadecuada e inútil, porque no analiza la base del problema, que es el de las motivaciones que llevan a alguien a abrazar determinada terapia o creencia. Se debería llevar a cabo un trabajo de análisis riguroso, como exposición clara de los logros científicos, con el reconocimiento de la falta de respuestas en muchos campos, y con el planteamiento de que el método científico y el desarrollo de las ciencias desde sus propios paradigmas y su superación son la vía idónea de progreso del conocimiento. No hay aquí una propuesta de acción a emprender, sino solo la propuesta de que sea una línea de desarrollo en los próximos años. Existen experiencias de trabajo sobre pseudociencias a nivel escolar, pero sería de desear una visualización para el gran público de la visión de esta temática desde las ciencias. ¿Una exposición en un museo, acompañada de debates,

quizá? En todo caso, un *manual de buenas prácticas para divulgadores* sobre temas de pseudociencia sería deseable y de utilidad en muchos casos.

Para terminar, podrían proponerse a estudio un par de actividades de impacto en dos tipos diferentes de actuación como, por ejemplo, el diseño de un acto con relevancia mediática que englobe algunos de los eventos organizados, entrega de premios, presencia de científicos destacados, y acuñar un nombre para ello, o el fomento de juegos y concursos competitivos y atractivos en medios de comunicación, con uso creativo de nuevas tecnologías.

PROPUESTA 14

Aumentar la presencia de la comunidad científica en los medios de comunicación para poder ofrecer una información científica de calidad a todos los públicos.

Con el objetivo de facilitar una comunicación más fluida entre la comunidad científica y el resto de ámbitos (enseñanza de las ciencias, empresarial, Administración...) se hace necesario un replanteamiento de la relación de la comunidad científica con los medios de comunicación u otros canales de divulgación científica. El trabajo en torno a un plan de comunicación global así como la mejora de las redes entre científicos, divulgadores y medios de comunicación pueden ayudar a tener una mayor y mejor comunicación con la ciudadanía.

Las acciones de formación de colectivos son también necesarias, pues muchas de las propuestas de mejora que han ido apareciendo en el documento requieren la interacción con otros colectivos de profesionales. Sería de desear la generación de acciones formativas diversas, que se inscriban en los programas de formación continuada de los citados colectivos.

De la misma forma, la colaboración con administraciones es requisito indispensable, ya que muchas de las propuestas indicadas requieren la colaboración y coordinación con administraciones estatales, autonómicas y locales. Se requiere, por tanto, decidir qué actuaciones prioritarias emprender y el nivel de colaboración necesario, descentralizando el contacto al nivel requerido. La formación en el tiempo libre (campos de trabajo, actividades de la naturaleza o actuaciones similares) o la formación para educadores son ejemplos de actividades que precisan este tipo de coordinación.

Hay un sinfín de propuestas adicionales, algunas de ellas triviales, que se desprenden de los comentarios anteriores como, por ejemplo, generación, cuando haga falta, de materiales de difusión masiva sobre temas de interés.

La complejidad y heterogeneidad de nuestras sociedades hace que sea imposible analizar y comentar todas las oportunidades que se brindan para una educación científica en los entornos no académicos. En cualquier caso, las posibilidades son infinitas, y los agentes sociales que intervienen en la educación no reglada (familiares, monitores, comunicadores) deberían estar motivados, aceptar su rol y ejercerlo en todo momento. No se trata tanto de que se planteen actividades lúdicas para la formación científica, como de descubrir que las actividades lúdicas, deseables por ellas mismas, puedan ser también momentos de formación de forma natural.

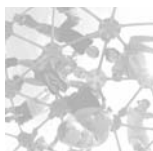
REFLEXIONES SOBRE LA CIENCIA EN EDAD TEMPRANA EN ESPAÑA:

LA PERSPECTIVA CIENTÍFICA

«La aproximación científica al conocimiento y la comprensión es el primer prerequisite para la educación de los jóvenes del siglo XXI. No solo porque ello les permitirá, cuando crezcan, entender cómo funciona el mundo moderno, sino también porque la postura de la ciencia como conocimiento basado en la evidencia es el único constructo filosófico concebido por la humanidad para determinar la verdad con algún grado de fiabilidad. Aunque el conocimiento no necesariamente garantiza la toma de buenas decisiones, el sentido común sugiere que la sabiduría es una consecuencia improbable de la ignorancia. En este sentido es vital que nuestros mejores científicos ayuden a mejorar el nivel general de conocimiento científico.»

SIR HAROLD KROTO

Catedrático del Departamento de Química y Bioquímica
The Florida State University
Premio Nobel de Química 1996



2.3 Reflexiones sobre la ciencia en edad temprana en España: la perspectiva científica

JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ ESPINOSA y JOSÉ LÓPEZ-RUIZ

Una sociedad científicamente culta es más humana, más avanzada y más libre. En España se detecta una persistente falta de cultura científica en la sociedad. La COSCE quiere involucrarse en la tarea de intentar corregir este déficit. Con este fin se proponen una serie de actuaciones cuyo énfasis principal se centra, en esta primera etapa, en llevar la ciencia a la escuela primaria, como paso previo para mejorar la cultura científica de la sociedad. Para poder llevar a cabo esta importante tarea, es imprescindible que los científicos tomen un papel activo en este proyecto.

2.3.1 La educación científica de la sociedad

La ciencia, como fenómeno diferencial de la especie humana, es en la sociedad moderna motor fundamental del desarrollo humano y económico, por lo que una sociedad culta no puede ignorar la ciencia. La educación científica de la sociedad puede construir ciudadanos más libres, más dueños de su destino, con más capacidad de asombrarse por la belleza de la naturaleza, y con un mejor conocimiento de las propias limitaciones de la ciencia.

La sociedad moderna está permeada por la ciencia y la técnica. Basta que miremos a nuestro alrededor, que examinemos lo que llevamos en el bolsillo, que pensemos en lo que hacemos cuando estamos

enfermos o cuando vamos de viaje. Todo está fuertemente marcado por los avances científicos y técnicos, por lo que el conocimiento científico se hace necesario en el día a día de los ciudadanos. Incluso en determinados aspectos de la política (por ejemplo, la discusión nuclear) la ciencia también está presente. Una toma de decisiones al respecto implicaría un conocimiento adecuado si se quieren evitar errores.

Por otra parte, se observa que incluso en la universidad, campos que tradicionalmente se consideraban «humanistas puros» en contraposición a los científico-técnicos, adoptan métodos de la ciencia como metodología habitual de trabajo. Al mismo tiempo, se diluyen las fronteras entre áreas de conocimiento y es cada vez más habitual que equipos multidisciplinares trabajen juntos en la resolución de problemas, tanto de tipo académico como de la vida cotidiana.

No es de extrañar, por tanto, que una de las conclusiones del informe 20/20 del Consejo Europeo de 25 y 26 de marzo de 2010 establezca que:

«5. Debemos centrar en mayor medida nuestros esfuerzos con objeto de impulsar el potencial de competitividad, productividad, crecimiento y convergencia económica de Europa:

a) La nueva estrategia se centrará en aquellos ámbitos clave en que sea necesario actuar: *cono-*

cimiento e innovación [términos destacados por el autor], una economía más sostenible, una elevada tasa de empleo e integración social.»

2.3.2 El panorama actual en España: situación y recomendaciones

Lo anterior contrasta con el hecho de que la sociedad española actual en su conjunto tiene una escasa cultura científica, como se ha comentado en apartados anteriores de este documento. Este problema viene de lejos ya que España nunca tuvo una revolución industrial, al menos tan intensa como la que se desarrolló en los países anglosajones o en nuestro vecino del norte. Es cierto que España, a pesar de un siglo XIX turbulento y un siglo XX marcado por la dictadura, ha aumentado en los últimos 30 años no solo su bienestar económico, sino también su base educacional. En efecto, el índice de alfabetismo es cercano al 100 %, la educación obligatoria hasta los 16 años abarca a toda la población, y una buena parte de la población accede a estudios universitarios. Estos cambios, sin duda, han llevado a una mejora también a nivel de la enseñanza de las ciencias.

Es evidente que la enseñanza de las ciencias en nuestro país, tal como se ha evidenciado en apartados anteriores de este informe, necesita mejoras, sobre todo a nivel de primaria, donde tiene una presencia muy insuficiente. La educación científica en la educación secundaria tiene más presencia, aunque asimismo insuficiente para quienes no siguen su rama de ciencias. Por tanto, la población que se decide por estudios humanísticos o sociológicos, tiene un vacío preocupante en sus conocimientos científicos. Y ello a pesar de que, como hemos expuesto anteriormente, el método científico impregna actualmente todas las áreas del conocimiento. Reflejo de esta falta de un mínimo bagaje científico es la normalidad con que personajes importantes de la literatura o del derecho se vanaglorian de no saber de

ciencia. En un ambiente así no es extraño que medre la nigromancia y los echadores de cartas, o que proliferen las sectas religiosas o la pseudociencia, como ya se ha comentado en otros apartados de este informe.

Como acertadamente advierte el informe *Acción CRECE* (COSCE, 2005), la actitud de la sociedad española ante la ciencia es de pasividad. Pasividad a todos los niveles. El valor de la ciencia para una sociedad avanzada se reconoce, pero luego la ciencia no está entre las prioridades, como bien se ha visto en la crisis actual. La diferencia en la actuación gubernamental de países como Alemania o Estados Unidos y España es notable. Mientras en aquellos países los fondos destinados a educación e investigación no solo no se han recortado, sino que se han incrementado, en España los recortes han sido importantes, como la COSCE y otras entidades han venido denunciando.

Como no podía ser de otra forma, la pasividad también alcanza a los medios de comunicación, tanto escritos como audiovisuales, ya que en ellos la ciencia está ausente o mal ubicada. En periódicos de extensa circulación como *El País*, la ciencia, cuando aparece, lo hace en la sección de Sociedad. En las televisiones generalistas no hay ciencia y, si excepcionalmente existe algún programa, se emite en horas de escasa audiencia. Más aún, cuando en programas que se transmiten en horas de más audiencia, se introducen contenidos científicos, el resultado es penoso, al presentar una ciencia estereotipada, orientada al espectáculo y no al conocimiento, hecha por personajes que simulan ser un «científico loco», por lo que contribuyen además a distorsionar la imagen pública de los científicos.

Incluso desde un punto de vista educativo, tanto en la enseñanza primaria como en la secundaria, si bien el currículo oficial define tanto el número de horas lectivas como los contenidos de ciencia, a menudo la falta de preparación científica de los maestros hace que el resultado final no sea el adecuado

para preparar a los estudiantes para un futuro en el que la ciencia y la tecnología son parte importante del paisaje, y el conocimiento científico es clave para entender y desenvolverse en este futuro. Futuro que, debido a esta falta de alfabetización científica, poca gente relaciona con la ciencia y la tecnología, a pesar de los mensajes que a veces se oyen de gobiernos recientes, o de instancias supranacionales. Y es que, en el caso español, es lícito preguntarse si los mensajes sobre la importancia de la ciencia para incluso el futuro económico de nuestra sociedad, están de verdad interiorizados y asumidos por nuestros gobernantes, o solo se repite lo oído en foros internacionales.

Además, ¿está la universidad española respondiendo a su parcela de responsabilidad? ¿Se están poniendo los medios para que la universidad sea reconocida por la sociedad como productora de conocimiento en todos los ámbitos de las ciencias y las humanidades, conocimiento que a su vez llega a la sociedad para su engrandecimiento tanto económico como cultural? Creemos que la respuesta a ambas preguntas es negativa. La universidad, aunque apuntan vientos de cambio, ha estado tradicionalmente más centrada en su propio universo interno que en analizar y dar respuesta a las necesidades de una sociedad cambiante. Pocas veces se han hecho esfuerzos por presentar las investigaciones de frontera, llevadas a cabo por excelentes profesores o investigadores, en un lenguaje que pudiera entender la sociedad que financia, vía impuestos, su trabajo. Afortunadamente esto está cambiando a mejor, y en los últimos años se nota un mayor interés de las universidades y centros de investigación por divulgar su ciencia.

De lo expuesto hasta aquí se desprende que el problema de la ciencia en España tiene muchas facetas, y puesto que la cultura científica es deficitaria, quienes cultivamos la ciencia debemos contribuir a denunciar la situación y en la medida de lo posible contribuir a su mejora. Para ello es importante par-

lar la acción, establecer prioridades y plantear una serie de metas medibles para contrastar su progreso.

Para mejorar la cultura científica de nuestra sociedad, empresa que necesariamente es a largo plazo, pensamos que hay que empezar por la infancia. Quienes hemos iniciado ENCIENDE creemos que el niño es curioso por naturaleza, que está ansioso por saber y conocer el mundo que le rodea como manera de integrarse en él y que debemos dedicar un esfuerzo de acercamiento de la ciencia mucho mayor del que actualmente se realiza.

Es obvio que la educación científica en las primeras edades tiene que ser preparada adecuadamente. Nos parece que ha de enfatizarse la exploración del mundo por parte de los niños, y conseguir que vean la ciencia como una forma de explicar aquello que les atrae y asombra del mundo. Tal como los expertos en enseñanza de las ciencias señalan, es necesario cambiar las metodologías de aula y conseguir que las clases se conviertan en lugares de construcción de conocimiento de forma más análoga a la práctica científica, donde la indagación tiene un papel destacado.

Lo anterior implica asimismo una adecuada formación científica de los maestros que, como se ha discutido en apartados anteriores, en materia de contenido científico resulta ser deficiente en nuestro país. Maestros con una cierta formación científica son muy necesarios para esta tarea. Igualmente es importante que estos maestros se mantengan al día, mediante cursos especiales, y se sientan motivados. Sin duda, la motivación de los estudiantes depende en gran medida de la motivación de los maestros. He aquí un primer reto: mejorar la formación científica de los maestros y motivarles a que se mantengan al día.

Independientemente de la necesidad de mejorar los canales institucionales de la formación docente, los científicos deben de participar compartiendo y haciendo disponible su conocimiento científico, en mejorar la presencia de la ciencia en el aula de pri-

maria. Y aunque los científicos no son expertos en la enseñanza de las ciencias, pueden ayudar en esta tarea, si colaboran con los maestros, con los expertos en didáctica y con la Administración.

En particular, involucrarse con la educación infantil es un aspecto novedoso, ya que la mayoría de actividades y colaboraciones que los científicos han venido organizando hasta ahora se han dirigido a la enseñanza secundaria, e incluso solo a bachillerato. Sin querer desmerecer estos esfuerzos, que son también importantes, si se tiene en cuenta que los alumnos de bachillerato científico ya hacen ciencias, el gran reto está en atraer a los niños a la ciencia, y no precisamente como algo exótico y ajeno, que es la visión que a menudo se da de la ciencia, sino como algo que es cercano, que es interesante y que ha sido capaz de atraer a algunos de nosotros para toda la vida, dándonos grandes satisfacciones.

La implicación de los científicos se debe de llevar a cabo mediante una triple acción: 1) compartiendo de primera mano su ciencia, su conocimiento científico experto, y su forma de ver el mundo, de preguntarse por él, de cuestionarlo, fomentando una visión inquisitiva de la ciencia, mostrando la importancia de la pregunta, animando la propuesta de alternativas, fomentando la búsqueda de respuestas; 2) mostrando su disposición a asesorar sobre el conocimiento científico para el diseño de material educativo adecuado a estas primeras etapas de formación, en colaboración con personal especialista en didáctica de las ciencias; y 3) haciéndose visibles en su entorno para que la sociedad conozca mejor su trabajo y su perfil, modificando las visiones estereotipadas que se tienen generalmente y permitiendo que la sociedad conozca mejor la labor de la ciencia.

Por ello, como organización que integra a la mayoría de las sociedades científicas de España, COSCE está en una posición inmejorable para impulsar el acercamiento del mundo de la ciencia al mundo de

la infancia, como primer paso para esa otra tarea de más largo alcance que es la mejora de la cultura científica de la sociedad. Y puede hacerlo fomentando en sus sociedades miembro la adopción de programas de colaboración entre científicos, maestros y profesores de ciencias y expertos en didáctica de las ciencias, para reorientar algunas de las actividades tradicionales de corte magistral e individualista (charlas, seminarios, materiales audiovisuales, etc.) en actividades donde se enfatice la pregunta, la indagación y la reflexión, y donde los niños sean activos y participativos.

Además, sería importante que la COSCE articulara el esfuerzo de sus sociedades miembro, para aglutinar a científicos interesados en este empeño, que pertenezcan a todas las disciplinas científicas y que estén localizados en toda la geografía española. Un primer paso es la creación de una plataforma,² en la que se integren todas las iniciativas sobre educación científica que se lleven a cabo, de modo que exista un repositorio de material y actividades disponible, para todos aquellos interesados en colaborar.

PROPUESTA 15

Impulsar el acercamiento del mundo de la ciencia al mundo de la infancia, como primer paso para esa otra tarea de más largo alcance que es mejorar la cultura científica de la sociedad.

La COSCE, como organización que integra a la mayoría de las sociedades científicas de España, debe promover la apertura de la comunidad científica a la sociedad desde una vertiente didáctica, y con la ayuda del profesorado.

Además de estas relaciones interdisciplinarias, la comunidad científica y en concreto la COSCE utilizará su influencia como Confederación de Sociedades Científicas para trasladar a los responsables de su desarrollo las demandas de mejoras en el currículo de ciencia y la formación de profesores y maestros, en particular para la escuela primaria, que desde el profesorado y el campo de la didáctica de las ciencias se llevan reclamando desde hace tiempo.

Para ello, colaborará también con las facultades de educación en la organización de cursos de actualización científica para maestros, y promoverá la adopción de metodologías basadas en la indagación y la pregunta, más que en la mera transmisión de conocimientos canónicos y memorísticos, tal y como señalan los resultados de investigación en el ámbito de la enseñanza de las ciencias.

PROPUESTA 16

Impulsar, desde la comunidad científica, aquellos cambios en materia de enseñanza de las ciencias que vienen reclamando el profesorado y los expertos en didáctica de las ciencias.

La comunidad científica debe utilizar su peso como comunidad experta en esta disciplina para impulsar y promover aquellos cambios metodológicos y curriculares que reclama la comunidad de enseñanza de las ciencias y que van en la línea de aumentar su cantidad y calidad. Un ejemplo es aumentar la presencia e importancia de los contenidos científicos en las etapas de infantil y primaria, o la inclusión de metodologías de basadas en la indagación y la pregunta como base de la actividad científica en el aula.

Más allá, y con el objetivo de dar a conocer el trabajo de los y las científicas y acercarlo a la ciudadanía, alejándolo de una posible visión distorsionada o estereotipada de estos profesionales, se establecerá una serie de canales que faciliten el contacto directo de los científicos con la escuela primaria. Esto contribuirá a acercar el mundo de los científicos a los niños, presentando a los actores de la ciencia como ciudadanos normales y el trabajo de científico como un trabajo con aspectos positivos y negativos como cualquier otro, que puede entusiasmar y hacer feliz a quienes lo realizan.

En la misma línea, sería recomendable organizar visitas a centros de investigación peculiares y a grandes instalaciones científicas para los jóvenes y sus familias, y promover encuentros con los científicos que trabajan en los mismos. Estas iniciativas pueden incidir no solo en una mejora de la percepción de la comunidad científica por parte de la sociedad, sino en el retorno social que la ciudadanía merece como parte de su patrimonio.

PROPUESTA 17

Promover la apertura de la actividad científica a la sociedad a través de un contacto directo en la escuela o en otros ámbitos, como visitas a grandes instalaciones científicas.

La comunidad científica debe protagonizar un acercamiento real a la sociedad, haciendo visible su cara más humana para romper estereotipos. Además, este acercamiento debe servir como retorno social de la actividad científica a la sociedad, haciéndola conocedora de las iniciativas llevadas a cabo así como de su naturaleza.

Esta acción de fomentar el interés de los niños por la ciencia pretende educar desde pequeños a los futuros ciudadanos para que sean conscientes del importante papel de la ciencia y para que mantengan su interés por ella hasta su edad

adultas. Estaríamos, por tanto, formando ciudadanos científicamente educados, lo que redundaría en una sociedad más culta en todas sus acepciones, y mejor preparada para afrontar los retos del futuro.

2.4 Conclusiones y recomendaciones transversales

Las 17 propuestas sectoriales realizadas por diferentes expertos a lo largo de la parte 2 de este Informe ENCIENDE, a partir de la reflexión sobre el estado de la cuestión de la educación y cultura científica en edades tempranas en España de la parte 1, muestran la existencia de interesantes interrelaciones entre los distintos ámbitos analizados: la enseñanza de las ciencias, la comunicación de la ciencia y la comunidad científica en sí. Esto permite plantear unas recomendaciones transversales del Informe ENCIENDE, en las que los diferentes agentes de los tres ámbitos involucrados actúen de forma conjunta y coordinada para conseguir el objetivo de una mejora futura en la educación y cultura científica en edades tempranas en España.

En este apartado presentaremos estas propuestas transversales, así como el papel que COSCE, como confederación de asociaciones científicas que aglutina la comunidad de científicos en España, puede tener en la impulsión o realización de estas propuestas.

2.4.1 Propuesta transversal 1

Un gran número de propuestas sectoriales (propuestas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 16) evidencian la necesidad de una **renovación de la enseñanza de las cien-**

cias, en especial en edades tempranas, orientando la dirección de esta renovación.

De acuerdo con lo planteado en este Informe ENCIENDE, dicha renovación debe realizarse en el marco de las competencias, lo que implica conseguir que el alumnado sea capaz de integrar saberes conceptuales, destrezas y actitudes para *aplicar* estos conocimientos en contextos nuevos y en su vida cotidiana. El énfasis en la aplicación requiere replantear los contenidos de ciencias a tratar, reduciendo su cantidad pero aumentando su profundidad y relevancia. Esto implica focalizarse en unos núcleos centrales e imprescindibles de la ciencia escolar, en lugar de en listas de contenidos enciclopédicos. También implica la necesidad de conectar los contenidos a aprender con la vida real, de forma que el alumnado perciba su relevancia y autenticidad. Esta reducción y contextualización de los contenidos no es trivial, ya que permite un replanteamiento de las metodologías de aula hacia propuestas donde la indagación y experimentación de cierta duración tengan un papel más importante. De acuerdo con la investigación en didáctica de las ciencias, las medidas mencionadas deberían contribuir a mejorar el aprendizaje de las ciencias y a aumentar el interés y la motivación del alumnado hacia las ciencias.

En consecuencia con las demandas de cambio mencionadas, la evaluación en el aula de ciencias

debe replantearse adaptándose al marco competencial. Esto implica que la evaluación debe integrarse en el proceso de enseñanza y aprendizaje, centrándose en regular al alumno sobre la aplicación de los saberes, no solo de conceptos científicos sino también a los relacionados con los procesos propios de la ciencia. Además de la evaluación interna, debe potenciarse la existencia de mecanismos de evaluación externa acorde con este planteamiento. Los resultados de los mismos deberán permitir una toma de decisiones razonada en materia de enseñanza de las ciencias, con el objetivo de analizar y promover los objetivos de equidad y excelencia en la educación científica que actualmente están comprometidos.

PROPUESTA TRANSVERSAL 1

Señalar la necesidad de, apoyar y potenciar una renovación de la enseñanza de las ciencias, no solo de los contenidos o metodologías de aula, sino también del enfoque de la evaluación interna y externa, que ponga el acento en la aplicación de los contenidos en contextos diversos y relevantes.

A través de la iniciativa ENCIENCE, la COSCE apoyará y dará visibilidad, desde la comunidad científica, a la necesidad de estos cambios en materia de enseñanza de las ciencias reclamados como indispensables desde los expertos en este ámbito. En este sentido, se apoyarán las iniciativas necesarias para comunicar, hacer reflexionar, incentivar y facilitar esta renovación, por ejemplo, poniendo a disposición de los profesores de ciencias ejemplos de propuestas de enseñanza, materiales de aula y actividades de evaluación que in-

tegren la visión competencial; haciendo pública la necesidad de esta renovación; fomentando la elaboración o recogida de vídeos o descripciones de buenas prácticas docentes en esta dirección o estableciendo premios y galardones a las iniciativas de renovación de la enseñanza de las ciencias en el marco competencial, entre otras, en particular para los docentes de ciencias en edades tempranas.

2.4.2 Propuesta transversal 2

La necesidad de renovación de la enseñanza de las ciencias mencionada en la propuesta transversal 1 pasa, como apuntan las propuestas 8, 9 y 10, por un **replanteamiento de la formación del profesorado**. Los retos planteados por la propuesta 1 no son de fácil ni rápida consecución: modificar de forma efectiva el enfoque, contenido, metodología y evaluación de la enseñanza de las ciencias es un reto a largo plazo en el que el agente más importante es el propio profesorado, que no puede estar solo en esta tarea.

En primer lugar, la mejora de la formación de los docentes es un reto de futuro, que tiene su primer escollo en la formación inicial de profesores. Es necesario poner de manifiesto que, especialmente en el caso del profesorado de primaria, se requiere de una mayor formación inicial en contenidos científicos y, sobre todo, de didáctica de las ciencias, a ser posible a nivel de especialización en ciencias como ocurre en la mayoría de países europeos. La falta de confianza en el propio dominio del conocimiento científico de los profesores de primaria ha sido evidenciada en multitud de investigaciones, lo que dificulta que se enfrenten a la enseñanza de las ciencias con entusiasmo y de forma innovadora. En el caso de los profesores de secundaria ocurre el efecto contrario: una excesiva importancia dada al conocimiento científico, entendido como extenso y centrado en los detalles, altamente matematizado, necesariamente abstracto y descontextualizado así como escasa formación didáctica

dificulta enseñarlo de acuerdo a los nuevos planteamientos competenciales. Aunque tanto la formación inicial de los profesores de primaria como de secundaria están o han sido modificados recientemente, dignificando ambas formaciones con los niveles de grado y máster respectivamente, no debe perderse de vista la importancia de aprovechar estos cambios legislativos en la dirección correcta. En este sentido, debe tenerse en cuenta la enorme importancia que tienen los planes de estudios de los futuros maestros de primaria así como de los másteres de formación de profesorado de secundaria, señalando las posibles deficiencias de los mismos con el objetivo de mejorarlos.

En segundo lugar, es necesario poner de manifiesto la necesidad de una renovación y actualización continuada en didáctica de las ciencias y ciencias a lo largo de la carrera profesional de los docentes. En este sentido, y a pesar de una oferta de formación continuada más que suficiente en términos cuantitativos en nuestro país (con el consecuente gasto asociado), esta formación no produce los resultados esperados, en particular con respecto al cambio en la enseñanza de las ciencias. Esto es así debido a la desconexión de muchas propuestas de formación con respecto a la realidad de las aulas y los profesores, tanto en cuanto a sus contenidos como a sus formatos. Juega también un papel importante el hecho de que existe una excesiva preferencia por temáticas formativas transversales debido a la falta de reconocimiento de que una enseñanza de las ciencias diferente puede generar un cambio de actitudes en el aula debido al aumento de la motivación y el interés de alumnos y profesores. En este sentido, se hace indispensable señalar las problemáticas asociadas a la formación de profesores de corte tradicional y potenciar nuevos formatos, como los grupos de reflexión e innovación en los que los profesores colaboran con otros profesores, formadores y/o expertos en enseñanza de las ciencias con el objetivo de reflexionar, investigar y modificar su práctica docente, avanzando en la mejora de materiales didácticos y ejem-

plos de buenas prácticas que den respuesta a los nuevos planteamientos de la enseñanza de las ciencias. Estas participaciones así como la obtención de buenos resultados deberían tenerse en cuenta en la carrera docente de los profesores, una de las asignaturas pendientes en nuestro país.

La colaboración de los profesores de ciencias con científicos cercanos e interesados en el ámbito de la enseñanza puede ser de gran ayuda y un estímulo para la actualización científica de los mismos, así como para aumentar su participación activa en actividades educativas de tipo científico tanto fuera como dentro de las aulas. En este sentido, la apertura de la comunidad científica a la escuela puede ser aprovechada para aumentar la cultura, el interés y el conocimiento de los profesores de ciencias, en particular de los profesores de las etapas tempranas, cuya formación no incluye una especialización en ciencias.

PROPUESTA TRANSVERSAL 2

Señalar la necesidad de un replanteamiento de la formación del profesorado de ciencias en consonancia con la renovación de la enseñanza que se persigue. Este replanteamiento afecta a la formación inicial y continuada, y es diferente para los profesores de las diferentes etapas educativas.

En el caso de los profesores de primaria, la necesidad de formación sobre enseñanza de las ciencias es de gran importancia, al identificarse una escasa formación en estas y, sobre todo, en didáctica de las ciencias, en los mismos profesores y en una etapa en la que los alumnos están especialmente dispuestos a aprender ciencias.

La COSCE, mediante la oportunidad que brinda la iniciativa ENCIENDE y las acciones que de ella se derivarán, promoverá y dará soporte a la necesidad de replanteamiento de formación del profesorado, señalando públicamente las deficiencias o limitaciones que los expertos en el ámbito identifican, y su preocupación por el impacto en la educación y cultura científica de la sociedad de las mismas. En particular, se dará voz a aquellas iniciativas que permitan una reflexión sobre la formación inicial y continuada de los profesores y su posterior avance, promoviendo o divulgando estudios en el ámbito y mostrando públicamente su preocupación por las dificultades a través de, por ejemplo, el impulso de materiales diversos que recojan buenas prácticas formativas en esta dirección y premiando iniciativas de formación docente en el marco de las competencias, en particular, para los docentes de ciencias en edades tempranas.

Los científicos de la COSCE, aunque sin ánimo de reemplazar a los canales ni expertos habituales en formación docente en ciencias, intentarán incidir de forma directa y complementaria en la mejora de la formación de profesores de ciencias. Su papel puede ser especialmente relevante en la actualización y culturización científica del profesorado de ciencias de primaria, acercando el contenido, las formas de conocer y las actitudes científicas a los docentes para mejorar su motivación e interés por la ciencia. La presencia y colaboración de científicos con profesores de ciencias es especialmente relevante en los entornos educativos no formales y en la integración de estos, desde la escuela, y en el ocio personal y familiar de los alumnos.

2.4.3 Propuesta transversal 3

Con respecto a la cultura científica, los apartados anteriores del Informe ENCIENDE ponen de manifiesto la necesidad de un fomento de la cultura cien-

tífica en España, a través de la **potenciación de acciones que permitan el acercamiento de la ciencia a la sociedad** como recogen las propuestas 11, 12, 13 y 14.

Para aumentar la cultura científica, los expertos de ENCIENDE sugieren mejorar no solo la calidad, sino también la disponibilidad y enfoque de la divulgación y la comunicación en materia de ciencias. En ese sentido, y con el enfoque puesto en las edades tempranas, se hace énfasis en la potenciación de los espacios y momentos en los que la familia pueda llevar a cabo actividades relacionadas con la ciencia, garantizando una mayor y mejor oferta de ocio relacionada con la ciencia dirigida al público familiar. La potenciación de materiales lúdicos de tipo científico que involucren a la familia, la oferta de visitas en familia a museos de ciencia o parques científicos y la participación en familia en semanas de la ciencia y otras actividades de comunicación científica son ejemplos de este tipo de actividades. En todos los casos es especialmente importante la presencia de personal adecuadamente formado en la dinamización de la participación de las familias, además de en comunicación social de la ciencia, para alcanzar los objetivos propuestos.

Por otro lado, el aumento de la cultura científica en la sociedad en general requiere mayor presencia de la comunidad científica en los medios de comunicación para poder ofrecer una información científica de calidad a todos los públicos. En las propuestas se señala la necesidad de un plan de comunicación global con respecto a temas científicos, así como el fomento de redes entre científicos, divulgadores y medios de comunicación.

Estas iniciativas, por su gran complejidad y alcance (al involucrar multitud de agentes de orígenes diversos y pretender tener impacto en la sociedad en general) son de difícil fomento, monitorización y evaluación. Sin embargo, el tema de la cultura científica del país es de demasiada importancia como para abandonar la idea de tener orientaciones claras

e información actualizada al respecto. En ese sentido, sería necesario crear un organismo que actuara de observatorio de la cultura científica en la sociedad española, evidenciando cuál es el nivel real de la cultura científica en España (que, a tenor de los expertos, es considerado bajo), cuáles son las principales necesidades y problemáticas, y qué oportunidades de actuaciones al respecto se presentan. Asimismo, este organismo debería evaluar los resultados de las acciones en el ámbito, informando y regulando las buenas prácticas de comunicación científica a la sociedad en España.

PROPUESTA TRANSVERSAL 3

Fomentar la cultura científica en España a través de la potenciación de acciones que impliquen el acercamiento de la ciencia a la sociedad, en particular en el ámbito familiar y del ocio, así como de la comunicación científica.

Sería de gran utilidad la creación de un observatorio de la cultura científica estatal que identifique necesidades y oportunidades, monitorice y evalúe los resultados de las acciones y regule las buenas prácticas de comunicación científica social. El objetivo de proponer y priorizar actuaciones que vayan en la línea de aumentar la cultura científica en España, basándose en las necesidades reales de las sociedad actual.

Con respecto a esta propuesta, la COSCE tiene un papel muy activo al fomentar que los científicos colaboren activamente con los divulgadores y comunicadores sociales de la ciencia, así como museólo-

gos y otros profesionales, para realizar una comunicación social más presente y de mayor calidad comunicativa y científica. Además, COSCE seguirá haciendo pública su preocupación por la escasa cultura científica en nuestro país y señalará la necesidad de un observatorio de la cultura científica en España que monitorice, evalúe e informe las prácticas de comunicación y divulgación científica tanto por parte de los científicos como de otros agentes, con el objetivo de acercar la ciencia a la sociedad.

2.4.4 Propuesta transversal 4

Finalmente, y como recogen las propuestas 15 y 17, se hace indispensable el promover la apertura de la comunidad científica a la sociedad, en general, y a los niños en edades tempranas, en particular, como medida para **favorecer el conocimiento y reconocimiento mutuo**. En el caso de los niños este acercamiento no es necesario, principalmente en cuanto a procurar información sobre temas relacionados con la ciencia, ya que el conocimiento científico es esencialmente objeto de estudio en la enseñanza reglada y responsabilidad de los profesores de ciencias (que, sin embargo, pueden beneficiarse de la colaboración con científicos y expertos en enseñanza de las ciencias, tal y como hemos venido señalando). La importancia de la apertura de los científicos a los niños reside, sobre todo, en el valor que tiene para estos últimos conocer de primera mano a los profesionales de la ciencia y su trabajo, de forma que se ofrezca una visión más personal, cercana, adecuada y especialmente menos estereotipada de los científicos y científicas así como de su actividad.

Este esfuerzo de científicos y científicas en acercar su persona, opinión, trabajo e instalaciones a la sociedad y los niños particularmente, debe entenderse como el necesario retorno social de este bien común y patrimonio cultural que es la ciencia, y que no olvidemos se financia y sostiene socialmente. La

apertura de grandes instalaciones científicas a la sociedad, la mayor presencia de científicos en los medios de comunicación así como su acercamiento a las iniciativas escolares de enseñanza de las ciencias, deben ser una prioridad si se quiere establecer un puente estable, de entendimiento y reconocimiento mutuos entre ciencia y sociedad.

PROPUESTA TRANSVERSAL 4

Promover la apertura de la comunidad científica a la sociedad, en general, y a los niños en edades tempranas, en particular.

Los científicos de COSCE deberían estar especialmente abiertos y dispuestos a participar de primera mano en acciones que acerquen la ciencia a la sociedad, en particular a la población escolar, con el objetivo principal de ofrecer una visión no estereotipada del trabajo científico y de sus protagonistas.

Es en esta propuesta, sin duda, donde la COSCE puede incidir en mayor medida, fomentando e incentivando activamente este acercamiento entre los científicos, miembros de las sociedades científicas que la componen, y dando difusión a las iniciativas que se realizan en este ámbito.

2.4.5 Propuesta transversal 5

Como primera respuesta a las recomendaciones aquí expuestas, el primer fruto de la iniciativa ENCIENDE es el proyecto de realización de la **plataforma ENCIENDE**. Esta plataforma se plantea como un

espacio virtual en el cual recoger y dar difusión de forma centralizada y actualizada a aquellas iniciativas en la dirección de conectar la ciencia y la escuela para mejorar la educación y cultura científica de los niños españoles, a través de la participación y el trabajo conjunto entre científicos, profesores, padres, comunicadores, expertos en enseñanza de las ciencias y otros agentes e instituciones, en particular de la Administración pública.

La plataforma ENCIENDE se inicia como un espacio *online* que pretende poner a disposición de todos los agentes involucrados en el proceso de educación y culturalización científica de la sociedad, en particular en las edades tempranas, un punto de encuentro donde compartir e intercambiar materiales e ideas, incentivar y promover prácticas y propuestas, y dar cabida a ofertas y demandas de información y actualización científica, entre otras.

PROPUESTA TRANSVERSAL 5

Crear, mantener y dinamizar un punto de encuentro entre los diversos agentes implicados en la educación y cultura científica, en particular de los niños en edades tempranas, que centralice, difunda y cohesione las diferentes iniciativas en el ámbito.

Esto se realizará a través de la creación de una plataforma *online* del proyecto ENCIENDE.

Como creadora del papel de la COSCE con respecto a la plataforma ENCIENDE,³ esta propuesta es continuar gestionando y financiando este espacio *online*, fomentando la participación y presencia no solo de las iniciativas de relación ciencia-escuela que

desde COSCE se realicen, sino también de aquellas otras externas a COSCE que vayan en la línea que marca el proyecto ENCIENDE.

2.4.6 Consideraciones finales

Las propuestas transversales aquí expuestas son solo una primera parte de las acciones que pueden y deben llevarse a cabo si se pretende una mejora de la educación y cultura científica de la población española, empezando por la población escolar en edades tempranas. Este carácter no exhaustivo del Informe ENCIENDE, que obviamente no agota otras recomendaciones e iniciativas en el ámbito, no debe tomarse como una debilidad del mismo, sino como producto de la complejidad del fenómeno sobre el que se quiere actuar. Este involucra múltiples aspectos interrelacionados y una enorme diversidad de agentes entre los que está la COSCE. Creemos que, a pesar de las dificultades que supone actuar sobre un fenómeno de estas características, algo debe hacerse con urgencia y debe hacerse en una determinada dirección. En este sentido, el Informe ENCIENDE, como producto de la reflexión y estudio de la

Comisión ENCIENDE y de expertos en el ámbito, plantea líneas de actuación concretas que la COSCE, en particular, y las administraciones y sociedad, en general, deberían tener en cuenta, y espera inspirar otras futuras. Las ideas que se presentan en este informe, por tanto, son más útiles por cuanto generen de reflexión, discusión y propuestas en el ámbito que por su contenido en el momento actual.

Por último, queremos al final del Informe volver al principio, a los motivos que llevaron al proyecto ENCIENDE a poner los escolares en edades tempranas en el punto de mira. Para el proyecto ENCIENDE acercar la ciencia a los niños es una forma de actuar para cambiar el futuro de la educación y la cultura científica, porque los niños de hoy son los ciudadanos, los científicos pero, sobre todo, los consumidores y financiadores de la ciencia y tecnología del mañana. Sin embargo, lo que realmente dirigió el proyecto hacia las edades tempranas fue algo mucho más personal y emocional: la sensación de los científicos de COSCE al frente del mismo y de los expertos participantes de que los niños, incluso los muy pequeños, pueden y quieren aprender ciencias. Así pues, lo que ENCIENDE pretende es que, entre todos, consigamos satisfacer ese deseo y mantener su interés.

Notas

¹ El documento dice *habilidad*, que consideramos una traducción inadecuada de *ability*.

² Un currículo –qué se enseña, cómo y qué se evalúa– es un producto cultural. En el caso de la enseñanza de las ciencias, cada vez más los currículos de los distintos países de todo el mundo coinciden en sus planteamientos, debido tanto a la globalización de la economía, como al consenso que hay desde la investigación en didáctica de

las ciencias de lo que es prioritario enseñar. Sin embargo, hay un gran desfase entre lo que se podría llamar currículo *proclamado* (el que recogen los documentos oficiales de cada país) y el currículo *real* (el que se aplica en las aulas).

³ Véase <http://enciende.cosce.org>

⁴ En la actualidad, una versión inicial de la plataforma ENCIENDE puede encontrarse en <http://enciende.cosce.org/>.

Bibliografía

- BRANSFORD, J. D., BROWN, A. L. y COCKING, R. R., eds. (1999). *How people learn. Brain, mind, experience and school*. Washington, D.C: National Academy Press.
- BRAVO TORIJA, B. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2010). ¿Salmones o sardinas? Una unidad para favorecer el uso de pruebas y la argumentación en ecología. *Alambique*, 63: 19-25.
- BRAVO TORIJA, B. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2011). Progression in complexity: Contextualizing sustainable marine resources management in a 10th grade classroom. *Research in Science Education* (en prensa).
- CAÑAS, A., MARTÍN-DÍAZ, M.J. y NIEDA, J. (2007) *Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico*. Madrid: Alianza Editorial.
- COSCE. (2005). *Acción CRECE. Comisiones de Reflexión y Estudio de la Ciencia en España*. Barcelona: Rubes.
- COUSO, D. (2009) *Science Teachers' Professional Development in Contexts of Educational Innovation. Analysis of three initiatives*. Tesis doctoral con Mención Europea al título como compendio de publicaciones. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- DARLING-HAMMOND, L. (1999). Target Time Toward Teachers. *Journal of Staff Development*, 20 (2): 31-36.
- DOMINGOS, A. M. (1989). Conceptual demand of science courses and social class. En: Adey, P., Bliss, J., Head, J., Shayer, M., eds. *Adolescent Development and School Science*. Nueva York: The Falmer Press.
- EUROPEAN COMMUNITY (2010). *Science and Technology. Special Eurobarometer340*. Bruselas: Comisión Europea.
- FECYT (2009). *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2008*. Madrid: FECYT.
- FECYT (2010). *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2010*. Madrid: FECYT.
- FERRER, F., FERRER, G. y CASTEL, J.L. (2006): *Les desigualtats educatives a Catalunya: PISA 2003*. Barcelona: Fundació Jaume Bofill.
- JENKINS, E. W. y NELSON, N. W. (2005). Important but not for me: students' attitudes towards secondary school science in England. *Research in Science & Technological Education* 23 (1): 41-57.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2010). 10 Ideas clave: Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: Graó.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. y SANMARTÍ PUIG, N. (1995). The development of a new science curriculum for secondary school in Spain: opportunities for change. *International Journal of Science Education*, 17: 425-439.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P., BRAVO, B. y PUIG, B. (2009). ¿Cómo aprende el alumnado a evaluar pruebas? *Aula de Innovación Educativa*, 186: 10-12.
- MARBÀ, A. (2008). *La dimensió afectiva de l'aprenentatge de les ciències: actituds i motivacions*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona [disponible en <http://www.tesisenxarxa.net/>].
- OECD (2005). *Teachers Matter. Attracting, Developing and Retaining Effective Teachers Education and Training Policy*. París: OECD Publishing.
- OECD (2010). *Teaching and Learning International Survey (TALIS) 2008: Technical report*. París: OECD Publishing, págs. 1-278.
- SANMARTÍ, N. y SARDÀ, A. (2007). Luces y sombras en la evaluación de competencias: el caso PISA. *Cuadernos de Pedagogía*, 370: 60-63.
- STOLL, L., BOLAM, R., McMAHON, A. y WALLACE, M. (2006). Professional Learning Communities: A Review of the Literature. *Journal of Educational Change*, 7: 221-258.

Informe ENCIENDE

Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar
para edades tempranas en España

APÉNDICES

Documentos y proyectos de referencia

Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE)



Documentos y proyectos de referencia

1 ACCIÓN CRECE. Comisiones de Reflexión y Estudio de la Ciencia en España

Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE)
2005



En 2005, la COSCE realizó el informe *Acción CRECE* con el objetivo de plantear propuestas de acción como respuesta a la situación de la ciencia en España. Dicho informe recoge cinco grandes ponencias de

expertos que analizan la salud de la ciencia a la luz de los estudios existentes y proponen actuaciones para fortalecer el sistema científico-técnico español. Las cinco áreas de estudio son:

- Estructuras e instrumentos de la política científica
- Recursos humanos en la investigación
- Ciencia y empresa: hacia un ecosistema dinámico para la innovación
- España en Europa
- Ciencia y sociedad

La Acción CRECE ha dado lugar a unas conclusiones que se concretan en propuestas de actuación

claras y practicables para revitalizar, reformar y, en su caso, introducir cambios estructurales en nuestro sistema científico, tanto en sus aspectos fundamentales como en los relativos a su repercusión económica y social.

Disponible en: www.cosce.org

2 Science Education Now: a Renewed Pedagogy for the Future of Europe

Comisión Europea
2007



En el seno del séptimo programa marco, la Comisión Europea encargó a un grupo de expertos, encabezados por Michel Rocard, un análisis de las iniciativas en curso en enseñanza de las ciencias recopilando conocimientos y buenas prácticas para conseguir un cambio en los intereses de los jóvenes hacia el estudio de las ciencias.

El informe, conocido como Informe Rocard, defiende el trabajo en las aulas basado en la investigación, aunque denuncia la realidad de la prácti-

ca educativa y finaliza con una serie de conclusiones y recomendaciones para la Administración y la comunidad educativa.

Disponible en: ec.europa.eu

3 Science Teaching in Schools in Europe. Policies and Research

Eurydice
2006



La red Eurydice es una entidad que depende de la comisión europea y que proporciona información y análisis sobre los distintos sistemas y políticas educativos europeos. Consiste en 35

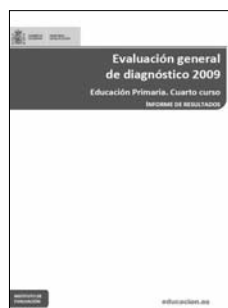
unidades nacionales basadas en los 31 países participantes en el programa Lifelong Learning programme.

El informe *Science Teaching in Schools in Europe. Policies and Research* responde a esta comparativa y se centra en el análisis de las regulaciones oficiales vigentes en materia de enseñanza de las ciencias, focalizándose en: programas de formación de profesorado, currículo de ciencias y pruebas de evaluación estándares para el alumnado.

Todos los informes publicados por Eurydice están disponibles en: eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/index_en.php

4 Evaluación general de diagnóstico 2009. Educación Primaria. Cuarto curso

Instituto de Evaluación. Ministerio de Educación
2010

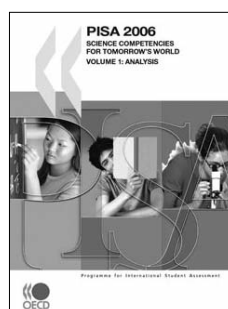


Tiene como objetivo evaluar las competencias básicas del alumnado de cuarto curso de primaria, con el objetivo de contribuir a la mejora de la calidad de la educación a partir del conocimiento de la situación del sistema educativo al que se llega, en este caso, a través de la valoración de los aprendizajes de los estudiantes y de los procesos de innovación y mejora de la educación en todo el sistema.

Disponible en: www.educacion.es

5 Informe PISA (Programme for International Student Assessment)

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)
Desde 2000



El estudio PISA, lanzado por la OCDE en 1997 e implantado en el año 2000, tiene como objetivo medir el rendimiento educativo de los alumnos y alumnas de 15 años de los países que conforman

la OCDE (y algunos países fuera de ella) en áreas consideradas clave, como son la competencia lectora, la matemática y la científica. Este estudio se repite cada tres años, focalizándose cada año en una de las tres áreas específicas y siempre desde un punto de vista competencial.

En el año 2006 el área central analizada fue el área de ciencias, evaluándose los rendimientos de cada país y los niveles del alumnado en referencia

Apéndices

a su alfabetización científica. Para ello se analizó la capacidad de los estudiantes para identificar problemas científicos, explicar fenómenos científicamente y utilizar evidencias científicas. Es decir, se evaluó no sólo los conocimientos de ciencia del alumnado sino también sus conocimientos sobre la ciencia.

Los resultados del último estudio PISA (2009) han sido publicados recientemente.

Todos los informes PISA se encuentran disponibles en: www.pisa.oecd.org

6 Informe TALIS (Teaching and Learning International Survey)

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)
2009



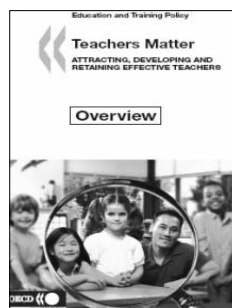
A partir de una encuesta realizada entre el profesorado de secundaria de 23 países, el informe TALIS analiza las condiciones necesarias para una enseñanza y un aprendizaje efectivo. Los resulta-

dos de TALIS permiten, entre otros, tener una radiografía del perfil de los equipos directivos, qué factores afectan a la profesión docente y cómo es el perfil de la misma.

Disponible en: www.oecd.org

7 Teachers Matter. Attracting, Developing and Retaining Effective Teachers

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)
2009



El informe *Teachers Matter* ofrece un análisis exhaustivo a escala internacional de las tendencias y evoluciones de la plantilla de profesores de 25 países alrededor del mundo, permitiendo una visión sobre métodos de atracción, capacitación y retención de profesorado efectivo o sobre políticas educativas innovadoras y de éxito.

Disponible en: www.oecd.org

8 Science Education in Europe: Critical Reflections



Osborne, J., Dillon, J.
Nuffield Foundation
2008

El informe *Science Education in Europe: Critical Reflections* publicado por la Nuffield Foundation

nace como respuesta al bajo número de jóvenes interesados por temas relacionados con la ciencia y la tecnología en Europa.

El informe recoge las aportaciones de expertos en enseñanza de las ciencias de nueve países europeos durante la realización de dos seminarios con unos objetivos claros: por un lado, analizar las similitudes y diferencias de esta problemática existentes entre los diferentes países y, por el otro, proponer una serie de recomendaciones para la comunidad educativa, los responsables de las políticas educativas y para los científicos.

Disponible en: www.pollen-europa.net/pollen_dev/Images_Editor/Nuffield_report.pdf

9 Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo. Anexo a la Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente

Parlamento Europeo
2006



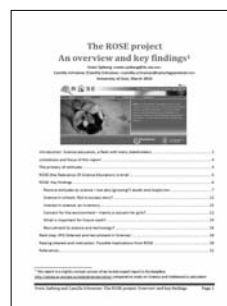
En 2006, el Parlamento Europeo presentó una Recomendación en el seno del programa de trabajo Educación y Formación 2010 que recogía en un anexo el marco que debía regir las políticas educativas europeas *Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo. Anexo a la Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente* estableciendo las ocho competencias clave.

Esta recomendación se basaba en el proyecto Definition and Selection of Competencies (DeSeCo) de la OCDE y, en concreto, en el informe *Las competencias clave para el bienestar personal, social y económico*, que recoge las competencias que deben permitir a los individuos adaptarse a un mundo caracterizado por el cambio, la complejidad y la interdependencia.

Disponible en: ec.europa.eu/dgs/education_culture/publ/pdf/ll-learning/keycomp_es.pdf
(para el proyecto DeSeCo consultar: www.oecd.org)

10 ROSE: The Relevance of Science Education

Universidad de Oslo



El proyecto *ROSE*, de carácter internacional, pretende aclarar, a partir de comparativas entre distintos países (alrededor de 40), factores importantes para el aprendizaje de las ciencias y la tecnología a través de la percepción del alumnado.

El objetivo principal es el de aportar bases sólidas para el desarrollo de un nuevo currículo con el fin de que promueva el interés por las ciencias, a partir de analizar sus actitudes y motivaciones hacia el aprendizaje de las ciencias y la tecnología.

Los estudios enmarcados en el proyecto analizan las respuestas de alumnado que se encuentra en el último curso de la educación secundaria obligatoria (15 años) a un cuestionario cerrado con respuestas de escala Likert.

El instrumento de recogida de datos, así como las distintas publicaciones que los países participantes han ido generando están disponibles en: roseproject.no

Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE)

Presentación

COSCE (Confederación de Sociedades Científicas de España), entidad que agrupa a más de 70 sociedades científicas españolas, entre las que se encuentran las de mayor prestigio y dimensión de nuestro país, representa en su conjunto a más de 32 000 científicos que desarrollan sus carreras profesionales en universidades, centros de investigación públicos, hospitales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y empresas del sector privado.

La confederación nace en 2004 con voluntad de convertir la comunidad científica en un interlocutor coherente e integrado frente a la propia sociedad y a los poderes públicos contribuyendo a completar la vertebración social, tantas veces reclamada, de nuestro país.

Los principales fines de la **COSCE**, recogidos en sus estatutos, son:

- Contribuir al desarrollo científico y tecnológico de nuestro país.
- Actuar como un interlocutor cualificado y único, tanto ante la propia sociedad civil como ante sus poderes públicos representativos en asuntos que afecten a la ciencia.

- Promover el papel de la ciencia y vehicular su difusión como un ingrediente necesario e imprescindible de la cultura.

La actividad de **COSCE** se centra en la creación de diversas iniciativas que organiza y desarrolla. Destacan:

- **El Premio COSCE** a la difusión de la ciencia, dedicado a recompensar los esfuerzos de los científicos por divulgar la ciencia y especialmente sus trabajos.
- **El análisis anual de los Presupuestos Generales del Estado**, realizado por una comisión de expertos que ponen en evidencia la auténtica realidad de la política científica del Gobierno.
- **Los encuentros periódicos con parlamentarios** (CONOCEROS), que ha permitido crear y mantener una sensibilidad hacia la ciencia en un número considerable de parlamentarios.

COSCE también emprende proyectos de envergadura con el objetivo de crear referentes en temas críticos para la ciencia y proporcionar información y conocimiento experto a políticos y administradores.

El primero a desarrollar fue la **Iniciativa CRECE**, dedicada a proponer una hoja de ruta para la ciencia, la carrera científica y la relación entre ciencia y sociedad en los próximos años.

Actualmente, el gran proyecto en desarrollo es **ENCIENDE**, que tiene como objetivo poner de relieve la importancia de la enseñanza de las ciencias en las etapas más tempranas del sistema educativo y realizar análisis e iniciar acciones en esa dirección para contribuir a que la sociedad española, en todos sus niveles y estamentos, sea más culta, próspera y avanzada en el conocimiento.

Toda la información y la actualidad sobre **COSCE** se encuentra en su portal digital www.cosce.org.

Sociedades miembro de la COSCE por vocalías*

• ARTES, HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES

Asociación Española de Ciencia Política y de la Administración
Asociación Española de Científicos
Asociación Española de Economía
Asociación Española de Historia Económica
Federación Española de Sociología
Sociedad Española de Historia de la Educación

• MATEMÁTICAS, FÍSICA Y TECNOLOGÍAS FÍSICAS, QUÍMICA Y TECNOLOGÍAS QUÍMICAS

Real Sociedad Española de Física
Real Sociedad Española de Química
Real Sociedad Matemática Española
Sociedad de Espectroscopia Aplicada
Sociedad Española de Astronomía
Sociedad Española de Gravitación y Relatividad (adherida)
Sociedad Española de Matemática Aplicada
Sociedad Española de Óptica
Sociedad Española de Química Analítica

• CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA SALUD

Asociación para el Desarrollo y el Estudio de la Biología en la Rioja (adherida)
Asociación Española de Andrología
Asociación Española de Genética Humana
Asociación para el Estudio de la Biología de la Reproducción
Asociación de Reproducción Animal
Sociedad Anatómica Española
Sociedad de Biofísica de España
Sociedad Española de Biología Celular
Sociedad Española de Biometría
Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular
Sociedad Española de Biotecnología
Sociedad Española para las Ciencias del Animal de Laboratorio
Sociedad Española de Ciencias Fisiológicas
Sociedad Española de Diabetes
Sociedad Española de Fertilidad
Sociedad Española de Física Médica
Sociedad Española de Genética
Sociedad Española de Histología e Ingeniería Tisular
Sociedad Española de Inmunología
Sociedad Española de Medicina Tropical y Salud Internacional
Sociedad Española de Microbiología
Sociedad Española de Neurociencia
Sociedad Española de Paraplejía
Sociedad Española de Parasitología
Sociedad Española de Protección Radiológica
Sociedad Española de Proteómica
Sociedad Española de Psicofisiología
Sociedad Española de Psicología Experimental
Sociedad Española de Psiquiatría Biológica
Sociedad Española de Terapia Génica y Celular
Sociedad Española de Virología

Apéndices

- **CIENCIAS DE LA TIERRA, AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE**

Asociación Española de Leguminosas
Asociación Española para el Estudio del Cuaternario
Real Sociedad Geográfica
Sociedad Española de Agroingeniería
Sociedad Española de Ciencias Forestales
Sociedad Española de Cultivo *In Vitro* de Tejidos Vegetales
Sociedad Española de Entomología Aplicada
Sociedad Española de Fijación de Nitrógeno
Sociedad Española de Fisiología Vegetal
Sociedad Española de Fitopatología
Sociedad Española de Geomorfología
Sociedad Española de Malherbología
Sociedad Española de Mineralogía
Sociedad Española de Paleontología

- **CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE LOS MATERIALES Y DE LA INFORMACIÓN Y DE LA COMUNICACIÓN**

Asociación Española para la Promoción de la Inteligencia Artificial
Asociación Interacción Persona-Ordenador
Asociación de Telemática
Sociedad de Arquitectura y Tecnología de Computadores
Sociedad Española de Cerámica y Vidrio
Sociedad Española de Materiales - Sociemat
Sociedad Española para el Procesamiento del Lenguaje Natural
Sociedad de Ingeniería del Software y Tecnología de Desarrollo de Software

* Listado realizado a partir de los datos disponibles a febrero de 2011.

