

FINALIDADES DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA: APORTACIONES DE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA Y OPINIÓN DE LOS PROFESORES

BANET HERNÁNDEZ, ENRIQUE

Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad de Murcia
ebahe@um.es

Resumen. En este artículo se analizan algunas de las aportaciones realizadas por la investigación educativa en relación con la alfabetización científica y tecnológica. A partir de estas referencias se presentan los resultados de una consulta realizada a profesores de secundaria –con amplia experiencia docente, y que han colaborado o colaboran en iniciativas de innovación y/o investigación educativas– sobre las finalidades que prioriza y que debería priorizar la educación científica de los estudiantes de ESO y bachillerato.

Además de constatar una elevada coincidencia entre la información obtenida a partir de ambas fuentes, como conclusiones de este estudio se identifican algunos obstáculos importantes que dificultan el trabajo de los profesores, así como algunas iniciativas para mejorar la calidad de la educación científica que reciben los estudiantes de estos niveles educativos.

Palabras clave. Alfabetización científica, educación secundaria, opinión de profesores, mejora de la calidad de la educación.

The goals of secondary school science education: educational research and teachers' opinions

Summary. This study analyzes the goals that scientific disciplines should have in secondary education. With this aim, we have collected information from some secondary teachers with a lot of experience in teaching and in educational innovation.

The results pointed out that in the first levels of secondary education, students' education should be more centred on scientific and technology literacy, while in the higher levels it should be more based on preparing students for higher further studies.

In order to provide a main conclusion, we have identified some difficulties and initiatives in order to improve the quality of the students' scientific education at these levels.

Keywords. Scientific literacy, secondary education, teachers' opinions, improving education quality.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de mejorar la calidad de la educación científica de los estudiantes durante la Educación Secundaria (ESO y bachillerato) –también la de quienes no tienen especial interés por realizar estudios superiores de naturaleza científica o tecnológica (Lemke, 2006)– es una valoración socialmente compartida, que en España está particularmente justificada por los resultados de los últimos informes PISA (OCDE, 2003, 2006). En la medida en que esto suceda, se evitará que el interés por las disciplinas científicas disminuya a medida que se avanza

en el nivel educativo (Acevedo, 1993; Atkin y Helms, 1993; Barmby et al., 2008), circunstancia responsable de que los estudiantes valoren la importancia de la ciencia y la tecnología, pero no tengan interés en ser científicos o tecnólogos (ROSE, 2004; Vázquez et al., 2005).

Aunque la investigación educativa ha prestado particular atención a las causas de que esto suceda, una de las más destacadas, por su incidencia sobre los demás, tiene que ver con las finalidades de la enseñanza de las ciencias,

y, en particular, si el currículo prescrito y, lo que es más importante, el aplicado están adecuadamente orientados (Caamaño, 2008). Por tanto, de acuerdo con Furió y otros, (2002), es importante conocer la distancia entre lo que piensan los profesores y los objetivos que se proponen desde la Didáctica de las Ciencias. En consecuencia, el propósito de este estudio es identificar los puntos de vista de un grupo de profesores que han estado o están implicados en actividades de innovación e investigación educativas sobre:

- Las finalidades a las que contribuyen y a las que deberían contribuir las disciplinas científicas en secundaria (ESO y bachillerato).
- Las causas que podrían explicar la escasa formación que reciben los estudiantes y las actuaciones que habría que emprender para mejorar esta formación.
- La medida en que estas opiniones coinciden con las contribuciones de la investigación educativa.

Para llevar a cabo este análisis, comenzamos revisando las finalidades que se proponen para la formación científica de los estudiantes de secundaria.

LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA COMO APORTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

Aunque, como señalan Abrahams y Millar (2008), la orientación conceptual todavía predomina en las clases de ciencias, las críticas a estos enfoques educativos ya se apuntaban a comienzos del siglo pasado. Dewey (1916) señalaba que se introducen definiciones y leyes a edades tempranas *«en el mejor caso con unas pocas indicaciones sobre el modo en que se ha llegado a ellas»*, explicando, a continuación, que los alumnos aprenden una “ciencia” en vez de aprender el modo científico de tratar el material familiar de la experiencia ordinaria. Y añadía: *«Hay una fuerte tentación a suponer que presentar la materia en su forma perfeccionada proporciona un camino real al aprender»*; y se preguntaba: *«¿Qué más natural que suponer que al ser inmaduro se le puede ahorrar tiempo y energía y protegerle del error innecesario comenzando donde los investigadores competentes lo han dejado?»*. Para Dewey, la respuesta era clara *«El resultado está escrito en la propia historia de la educación»*. Como interpreta Hodson (1985), Dewey resaltaba que la familiaridad con el método científico era más importante que los conceptos; de esta manera las generaciones futuras tendrían una formación científica más adecuada.

Hacia mediados del siglo xx, estos planteamientos, alternativos a los puntos de vista conductistas –y orientados por perspectivas inductivistas, predominantes entonces en la Filosofía de la Ciencia–, tuvieron el mérito de impulsar, hacia mediados del siglo xx, modelos de enseñanza que ponían el acento en los procesos de la ciencia (aprendizaje por descubrimiento) y generaron un amplio consenso entre responsables de política educativa, di-

señadores de currículos y profesores, con importantes repercusiones, como señala Hodson (1985) en un buen número de proyectos educativos (Nuffield and Schools Council Courses, PSSC Physics, BSCS), aunque su repercusión en otros sistemas educativos, como el español, fue prácticamente inexistente.

El desarrollo de nuevas perspectivas –alejadas del inductivismo–, junto con las contribuciones de la psicología cognitiva, respaldaron críticas fundamentadas a la enseñanza por descubrimiento (ver, por ejemplo, Ausubel et al., 1983; Driver y Oldham, 1988; Hodson, 1985) y propiciaron, a partir del último tercio del siglo pasado, que la investigación en Didáctica de las Ciencias analizara cómo trasladar a las aulas, desde perspectivas constructivistas, los nuevos puntos de vista sobre la Naturaleza de la Ciencia; así sucedió con los modelos de aprendizaje por investigación (Gil, 1993), alejados de las propuestas basadas en el descubrimiento inductivo y autónomo.

Además, intentando adaptar la formación de los estudiantes a las demandas de una sociedad en continua evolución –y aunque sus primeros antecedentes se encuentran a mediados del siglo xx (Acevedo et al., 2003)–, en sus últimas décadas se fueron incorporando a la educación científica dimensiones tecnológicas, sociales o medio-ambientales, para los que se han propuesto distintas denominaciones (ver, por ejemplo, Membiela, 2002; Furió et al, 2002; Acevedo et al., 2003), entre ellas alfabetización científica y tecnológica, en adelante ACyT.

La ACyT, muy crítica con los enfoques estrictamente disciplinares (Lemke, 2006), intenta dar respuesta a la escasa cultura científica y tecnológica que reciben los estudiantes de secundaria (Cajas, 2001), y plantea que la educación debe contribuir a que los ciudadanos participen, con criterios relativamente fundamentados, en los debates sobre aquellos problemas relevantes que afectan a la sociedad del siglo XXI (Cross, 1999), formación que debería tener como una referencia importante la mejora de la calidad de vida de las personas, en el marco de una sociedad más justa y democrática (Furió et al., 2002).

En este sentido se pronunciaron los expertos en el marco de la *«Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso»*, cuando señalaban: *«Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y todos los sectores de la sociedad así como las capacidades de razonamiento y las competencias prácticas y una apreciación de los principios éticos, a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a la aplicación de los nuevos conocimientos»*, una enseñanza científica *«en sentido amplio, sin discriminación y que abarque todos los niveles y modalidades es un requisito previo esencial de la democracia y el desarrollo sostenible»*.

El consenso ha sido tan importante, que la ACyT ha sido un referente destacado en procesos de reforma curricular desarrollados a finales del siglo pasado en Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Nueva Zelanda... (Yore y Treagust, 2006). También, con mayor o menor grado

de acierto, tuvo repercusión en la LOGSE, ya que la ampliación de la educación obligatoria hasta los 16 años y la diversidad de los estudiantes en los planos personal, social y cultural planteaba nuevos desafíos e interrogantes que no podían ser atendidos a partir de los planteamientos, básicamente conceptuales, predominantes en la enseñanza de las ciencias (Vázquez et al., 2005); y, con algunas ausencias reseñables (Cañas et al., 2008), orienta la LOE. Sin embargo, su repercusión en nuestras aulas ha sido muy limitada. En este artículo se analizan algunas de las causas de que esto haya sido –y sea– así.

El significado de la expresión alfabetización científica es amplio y dinámico (DeBoer, 2000); es decir, no existe un cuerpo concreto de conocimientos que se pueda identificar con esta expresión. Se trata de una noción vaga, sobre la que no se ha producido suficiente nivel de acuerdo entre los especialistas (Laugksch, 2000, o Holbrook y Rannikmae, 2007), aunque la investigación ha intentado clarificarla, con la vista puesta en que pueda servir de referencia para la práctica educativa del profesorado.

1. Algunas características de la alfabetización científica y tecnológica

Por considerar una de las definiciones autorizadas, el proyecto PISA la define como «la capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar cuestiones y obtener conclusiones a partir de pruebas, con el fin de comprender y ayudar a tomar decisiones acerca del mundo natural y de los cambios artificiales que la actividad humana produce en él» (OCDE, 2000).

Sin propósito de realizar un análisis exhaustivo y considerando las aportaciones de la investigación educativa (Hurd, 1998; DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; BouJaoude, 2002; Acevedo et al., 2003; Roth y Lee, 2004; Gil y Vilches, 2005; Vázquez et al., 2005, entre muchos otros), la alfabetización científica propone una formación que:

a) Considere el *conocimiento científico como cultura* básica para todos los ciudadanos, con independencia de la orientación que puedan seguir sus futuros estudios. Formación organizada en torno a temas de trascendencia personal (alimentación, salud y consumo) y social (contaminación, calentamiento del planeta, sobreutilización de recursos, etc.), que les capacite para aplicar los aprendizajes científicos a la vida cotidiana (Cajas, 2001) y para formarse juicios relativamente fundamentados sobre la influencia del desarrollo científico y tecnológico en la vida de las personas (Furió et al., 2002).

b) Sea complementaria con la *preparación de futuros profesionales*, es decir, con el desarrollo, con cierto nivel de profundización, de los conocimientos y estrategias que caracterizan a la actividad científica, promoviendo una imagen adecuada de la ciencia, haciéndola más accesible, interesante, significativa y relevante para los estudiantes (Reid y Hodson, 1989).

c) Contribuya al *desarrollo intelectual de las personas*, ya que la familiarización de los estudiantes con estrate-

gias de investigación promueve el pensamiento crítico (Gil y Vilches, 2005), la objetividad, el rigor en el análisis de datos, la necesidad de justificar los puntos de vista propios y respetar los ajenos...

d) Fomente –en respuesta a los cambios que tienen lugar en la sociedad y en la escuela– el *desarrollo de actitudes, valores y normas de comportamiento* razonables, relacionados con la salud, el consumo o el medio ambiente (Acevedo et al., 2005; Vázquez et al., 2005).

En resumen, a diferencia de los enfoques básicamente conceptuales, la esencia de la alfabetización científica sería preparar personas informadas, con capacidad para analizar, valorar e intervenir más y mejor –con cierta autonomía y en contextos de participación cívica y democrática (ROSE, 2004)–, en decisiones científicas y tecnológicas que afectan a la sociedad actual (Lemke, 2006).

2. Algunos problemas en relación con la alfabetización científica

Como sucede con otros aspectos relacionados con la educación, esta orientación plantea, entre otros, algunos problemas que conviene señalar:

Dos de ellos se sitúan en un plano más ideológico. El primero, como señalan Gil y Vilches (2005), tiene que ver con el hecho de que algunos autores cuestionan que la enseñanza de las ciencias en secundaria pueda proporcionar una formación suficiente para que los ciudadanos participen, con criterios fundamentados, en los debates y en la toma de decisiones relacionados con el ámbito tecno-científico, preparación que resultaría demasiado compleja para que estuviera al alcance de toda la población, por lo que sería un «mito irrealizable» (Shamos, 1995).

El segundo deriva de la resistencia que estos planteamientos generan en muchos profesores (Vilches et al., 2004), al argumentar que la sociedad necesita científicos y tecnólogos que han de prepararse desde los primeros estadios, opinión también compartida por muchas familias preocupadas por el futuro profesional de sus hijos (López-Gay, 2001).

Otros dos tienen una dimensión más funcional. Uno se refiere a la necesidad de establecer con mayor precisión su significado (Reid y Hodson, 1989; Klein, 2006), en particular, en cuanto a los criterios que podría utilizar el profesorado para seleccionar contenidos y objetivos de enseñanza que den respuesta a la formación que se reclama desde estos planteamientos educativos.

El segundo se encuentra respaldado por el siguiente razonamiento: si la enseñanza de las ciencias presta una atención casi exclusiva a los conceptos, predominando la presentación de información del profesor y –aun así– el tiempo resulta insuficiente: ¿qué iniciativas harían posible, en el contexto de la realidad de las aulas, el desarrollo de programas orientados a la ACyT de los estudiantes,

sin que se resientan los aprendizajes más disciplinares y sin que estos cambios sean percibidos como una disminución del nivel (Gil y Vilches, 2004), sino como una mirada más adecuada de la contribución de la educación científica a la formación de las personas?

Considerando lo que estos problemas tienen de sentido común, resulta difícil ignorar la necesidad de que la ciudadanía esté razonablemente informada sobre los problemas que le afectan como individuos que forman parte de una sociedad (alimentación, consumo, sostenibilidad, etc.), sobre todo porque, sin una formación básica sobre estos temas, será mucho más difícil comprometerles con comportamientos responsables. Es decir, parece imprescindible que contenidos de esta naturaleza impregnen el currículo, con carácter transversal.

En cuanto a las dificultades relacionadas con las apreciaciones del profesorado, no cabe duda que están fallando –entre otros aspectos que se analizarán después– los enfoques y contextos de la formación inicial y permanente. De manera particular, en secundaria se les prepara para desarrollar programas sobrecargados y difíciles para los estudiantes, que propician aprendizajes memorísticos, descontextualizados de la realidad y de escasa relevancia personal y social.

Sin embargo, estas orientaciones no han calado en el sistema educativo de nuestro país, por lo que las críticas realizadas por Dewey resultan hoy pertinentes, como muestran los resultados que presentamos a continuación.

OPINIONES DEL PROFESORADO

Proponer alternativas para mejorar la formación de los estudiantes requiere, entre otras iniciativas, realizar un diagnóstico de la situación actual e identificar las actuaciones que habría que poner en marcha para cambiarla. Aportar información al respecto ha sido el propósito del estudio que se describe a continuación.

1. Planteamiento de la investigación

La consulta se realizó a una muestra de 40 profesores de ESO y bachillerato de siete Comunidades Autónomas, con una experiencia docente media superior a 15 años, y que colaboran o han colaborado en iniciativas de investigación y/o innovación educativas (Tabla 1).

Tabla 1
Experiencia docente del profesorado (valores medios).

NÚM. AÑOS	CENTROS PÚBLICOS	CENTROS PRIVADOS	ESO	BACHILLERATO
21,5	20,3	1,8	16,8	11,1

* Los valores de las cuatro últimas columnas –superior a 40– es debido al carácter simultáneo de la actividad docente que han realizado la mayoría de los profesores.

A pesar de las limitaciones derivadas del número y del sesgo de la muestra, las reflexiones de este colectivo profesional, realizadas «a pie de aula», proporcionan una valiosa información en relación con los objetivos de este estudio, anteriormente señalados.

La recogida de información se realizó de acuerdo con las siguientes fases:

- Diseño de un cuestionario inicial, sometido al análisis de expertos y modificado de acuerdo con sus sugerencias.
- Administración a una muestra de tres profesores, con objeto de que su planteamiento respondiera, de la mejor manera posible, a los objetivos de la investigación.
- Modificación del cuestionario inicial y administración a la muestra.

Después de una breve introducción, en la que se explicaba la finalidad del estudio y se solicitaba su colaboración, se formularon dos tipos de preguntas:

- Unas, de carácter cerrado, en las que hicieron una valoración cuantitativa (escala tipo Likert), sobre la importancia de distintas finalidades de la educación científica. Con objeto de organizar esta información, optamos por considerar cinco dimensiones, conocidas por el profesorado (Tabla 2), a las que haremos referencia como conceptos, procesos científicos, naturaleza de la ciencia, relaciones CTS y actitudes, respectivamente.

Tabla 2
Dimensiones educativas valoradas en la investigación (resumen de la sexpresiones presentadas).

	ESO	BACHILLERATO
Conceptual	Utilizar los conceptos básicos de las ciencias para interpretar los principales fenómenos naturales.	Comprender los principales conceptos científicos y su articulación en leyes, teorías y modelos.
Habilidades investigación	Aplicar estrategias coherentes con los procedimientos de la ciencia en la resolución de problemas.	Utilizar con autonomía de estrategias de la investigación científica... para realizar pequeñas investigaciones.
Naturaleza de la ciencia	Valorar el conocimiento científico como proceso en construcción, ligado a las necesidades de la sociedad y sometido a evolución y revisión.	Comprender la naturaleza de la ciencia y sus limitaciones, valorando su desarrollo como un proceso cambiante y dinámico...
Relaciones CTS	Valorar la utilización del conocimiento científico en el desarrollo... y adoptar una actitud crítica y fundamentada ante los problemas que plantean las relaciones entre ciencia y sociedad.	Resolver problemas de la vida cotidiana, aplicando los conocimientos científicos...
Actitudes	Cuidado y salud corporales; cuidado y respeto por los seres vivos y el medio físico; conservación de los recursos naturales.	Preservación del medio ambiente, mostrando actitudes para protegerlo en la escuela, la familia, la comunidad

También se pronunciaron, de manera explícita, sobre el enfoque que debería tener la enseñanza de las ciencias en ESO y bachillerato (propedéutica – alfabetización científica).

– Otras, de carácter abierto, que proporcionan una información más variada y dispersa, mediante las que los profesores:

- Explican y matizan las razones que justifican las calificaciones otorgadas.
- Señalan las dificultades que, en el ámbito educativo, se pueden presentar para orientar la formación de los estudiantes hacia las finalidades que consideran más importantes.
- Proponen actuaciones/iniciativas para superar estos obstáculos y favorecer el tránsito hacia una educación de mayor calidad.

Para llevar a cabo el *análisis de resultados*, las valoraciones cuantitativas de los profesores fueron sometidas, según la naturaleza de la cuestión y la información que proporcionaba, a tratamientos estadísticos no paramétricos (utilizando la T d Wilcoxon para valorar la existencia de diferencias significativas) y paramétricos.

Las respuestas a las cuestiones de carácter abierto (análisis cualitativo) se agrupan en categorías que reflejan los principales ámbitos a los que se referían los profesores consultados: profesorado, enseñanza, currículo y administración (y en bachillerato, las pruebas de acceso a la Universidad: PAU).

A continuación se presenta la información obtenida, considerando de manera separada ESO y bachillerato, y se describen las características de las cuestiones formuladas.

2. Dimensiones formativas de la educación científica

Según la opinión de los profesores consultados:

a) *La educación científica en la ESO prioriza el aprendizaje de conceptos; sin embargo, debería contemplar, con similar importancia, otras dimensiones formativas complementarias*, afirmación sobre la que existe una amplia coincidencia, y que se pone de manifiesto a partir de sus respuestas a una primera cuestión, en la que se les pedía que valoraran la atención educativa que la enseñanza debería prestar y presta a los distintos ámbitos formativos señalados, utilizando una escala numérica y ordinal de cinco niveles –de 5 (mucho) a 1 (muy escasa)–, y que escribieran los argumentos mediante los que, en respuesta a las cuestiones abiertas, justificaban estas valoraciones.

Como ponen de manifiesto los valores de las medianas (Tabla 3), exceptuando los conceptos, en opinión de estos profesores, la atención que se presta a las distintas dimensiones formativas es manifiestamente mejorable. Es decir, son patentes las diferencias entre la situación deseable y lo que sucede en las aulas.

Tabla 3
Atención a los distintos ámbitos formativos en ESO.

	SITUACIÓN DESEABLE			SITUACIÓN ACTUAL		
	Mediana	Q1	Q3	Mediana	Q1	Q3
Conceptos	4	4	5	4	3	4
Procedimientos	4	4	5	2	2	3
Naturaleza ciencia	4	4	5	2	1	3
CTS	4	4	5	2	2	3
Actitudes	5	4	5	3	3	4

En el primer caso, y aunque existe una gran homogeneidad en las respuestas (la distancia entre los cuartiles Q1 y Q3 es pequeña), otorgaron las puntuaciones más elevadas a las actitudes, existiendo diferencias significativas entre sus valores y los del resto de las dimensiones, incluida la conceptual (Tabla 4). Sin embargo, consideran que en las aulas se presta mucha mayor atención a los conceptos y algo menos a las actitudes, quedando relegadas las otras tres; en particular, la naturaleza de la ciencia (Q1 = 1).

Tabla 4
Relación de diferencias significativas entre dimensiones.

SITUACIÓN DESEABLE	
Conceptos – Actitudes	Z = 2,52 $\alpha = 0,01$
Procedimientos – Actitudes	Z = 1,52 $\alpha = 0,01$
N. ciencia – Actitudes	Z = 3,02 $\alpha = 0,00$
CTS – Actitudes	Z = 2,83 $\alpha = 0,01$
SITUACIÓN ACTUAL	
Conceptos – Procedimientos	Z = 4,29 $\alpha = 0,00$
Conceptos – N. ciencia	Z = 4,81 $\alpha = 0,00$
Conceptos – CTS	Z = 4,02 $\alpha = 0,00$
(Conceptos – Actitudes)	Z = 1,87 $\alpha = 0,06$
Procedimientos – Actitudes	Z = 3,72 $\alpha = 0,00$
N. ciencia – Actitudes	Z = 3,47 $\alpha = 0,00$
CTS – Actitudes	Z = 2,59 $\alpha = 0,01$

Entre sus explicaciones a estas calificaciones –con las que muestran una elevada coherencia– podemos destacar las siguientes:

– En relación con el desarrollo de *actitudes, valores y normas de comportamiento*, se referían a la importancia de una formación que contribuya a valorar, de manera crítica, la incidencia humana sobre los seres vivos y el medio ambiente y a fomentar actitudes de respeto hacia sus compañeros mediante el trabajo en equipo, la colaboración, el reparto de tareas... Sin embargo, no se hicieron alusiones a aspectos tan importantes como la alimentación o el consumo, por ejemplo, circunstancia que podría ser debida a que se consideran aprendizajes más propios de primaria.

– *La familiarización con los procesos que caracterizan la actividad científica debe contribuir al desarrollo de las capacidades intelectuales de los estudiantes*, favoreciendo la evolución hacia un pensamiento cada vez más abstracto y la adquisición de un lenguaje más preciso, para acercar las explicaciones de los fenómenos cotidianos a los modelos científicamente aceptados. Muchos profesores (23) se refieren a que estas investigaciones se vinculen a problemas sencillos que favorezcan la observación, el análisis y la indagación, que fomenten el rigor en los razonamientos y la necesidad de fundamentar las conclusiones.

Estos enfoques educativos –resaltan algunos profesores– deberían ir orientados a que los estudiantes se consideren protagonistas y responsables de sus aprendizajes, desarrollando sus capacidades de reflexión, de construcción de conocimientos y de aprender de manera autónoma (dentro y fuera del aula), valorando y autorregulando sus aprendizajes.

– El respaldo a que *la educación científica en ESO promueva aprendizajes de naturaleza conceptual* se justifica señalando que los estudiantes no pueden adquirir una adecuada formación en los restantes ámbitos formativos, sin unos conocimientos básicos sobre las ciencias de la naturaleza. Cinco profesores vienen a decir que resulta errónea la visión de que una «formación humanística» capacita para comprender e intervenir en cualquier campo del saber.

Sin embargo, este respaldo se realiza con matices significativos: muchos de ellos (34) se refieren, de manera expresa, al rechazo de los aprendizajes memorísticos, enciclopédicos..., y destacan la importancia de desarrollar la curiosidad de los estudiantes, evitando una sensación de complejidad, fuera del alcance de los no especialistas.

– También una mayoría de los profesores (28) señalan que, ya desde ESO, *la educación debe aproximar a los estudiantes al conocimiento de la naturaleza de la ciencia*, para que comprendan que las investigaciones y los avances que se producen en los ámbitos científico y tecnológico son consecuencia del trabajo, realizado con rigor y en equipo, de personas normales. Aunque matizan que estos aprendizajes se deben plantear como iniciación, ya que se necesita mayor madurez intelectual para profundizar en ellos.

– Por último, también se destaca que la enseñanza de las disciplinas científicas debe permitir a los estudiantes *valorar las repercusiones de los avances científicos y tecnológicos, a nivel individual y social*, tanto aquellas que inciden en la mejora de la calidad de vida de las personas, como de las que tienen repercusiones negativas.

Como señalan algunos profesores (7), enraizar la enseñanza de las ciencias en las relaciones CTS, mediante estrategias educativas que propicien el planteamiento de problemas de interés, contribuirá a situar la ciencia al alcance de los ciudadanos y a vincularles con su entorno.

b) *La educación científica durante la ESO se debería orientar a la ACyT de los estudiantes*, lo que se puso de

manifiesto (Tabla 5) cuando se les pidió que se pronunciaran, de manera explícita, sobre las siguientes expresiones, utilizando una escala de 0 y 1 (la suma total debía ser igual a 1), y que explicaran las razones por las que otorgaban sus puntuaciones.

«Algunos profesores entienden que la enseñanza de las ciencias en ESO se debería orientar, fundamentalmente, hacia objetivos relacionados con el desarrollo por parte de los estudiantes de una formación que les permita proseguir estudios científicos».

«Otros son más proclives a orientar la enseñanza de las ciencias de manera que contribuya (junto con otras materias del currículo) a dotar a los estudiantes de una educación y de una cultura necesarias para el desarrollo de competencias básicas para su desarrollo personal, con independencia de que su futuro esté más o menos ligado a alguna de las disciplinas científicas».

La información obtenida en este caso también resulta coherente con las respuestas de los profesores descritas en el apartado anterior, como ponen de manifiesto los siguientes resultados:

– La mayoría del profesorado (23) se inclina, sin paliativos, por la segunda opción (le asignan un punto):

- Unos señalan que durante la ESO los estudiantes se encuentran en condiciones idóneas, de madurez y desarrollo intelectual, para adquirir una cultura y desarrollar determinadas competencias básicas. Se trata de crear el caldo de cultivo para que aprendan a aprender, sepan estudiar, consigan descubrir y elaborar conocimientos por sí mismos.
- Coincidiendo con estas razones, otros añaden que la ESO es, por definición, generalista y finalista, por lo que debe contribuir al desarrollo personal de los estudiantes, más que formar especialistas desde edades muy tempranas.

Tabla 5

Orientación que debería tener la educación científica en ESO.

	MEDIA	D. TÍPICA	C. VARIACIÓN
Propedéutica	0,15	0,23	1,51
A. científica	0,85	0,23	0,27

– Un segundo grupo de profesores (9), también partidarios de esta perspectiva educativa, conceden cierto espacio a una formación más disciplinar (las puntuaciones para la segunda de las opciones oscilan entre 0,9 - 0,7).

Es decir, reconocen que no se puede desarrollar la enseñanza considerando que todos los estudiantes tienen como objetivo la universidad, pero matizan que formar ciudadanos responsables y críticos requiere tener una cultura científica que les permita desarrollar itinerarios vinculados a estas disciplinas.

– Un tercer grupo, menos numeroso (7), se decide por un equilibrio entre ambas orientaciones (las puntuaciones oscilan entre 0,4 y 0,6), y señalan que, al ser una etapa obligatoria, el currículo de la ESO debe responder tanto a unas metas claramente disciplinares como a otras más funcionales, de manera que les permita adquirir las capacidades para enfrentarse a cuestiones de la vida cotidiana, pero también a otras más profesionales, procurando que esta orientación no les resulte aburrida y difícil sino, al contrario, motivadora e interesante.

– Finalmente, sólo un profesor se inclina por la opción propedéutica (le otorga 1 punto). No hacerlo de esta manera supondría que los estudiantes tengan dificultades para proseguir, con éxito, estudios superiores. Además, un conocimiento demasiado superficial de las disciplinas científicas no les permitiría valorar el grado en que estas materias les pueden interesar.

En resumen, las valoraciones y argumentos de la mayoría del profesorado consultado están muy próximos a los que se proponen desde la investigación educativa, matizando, también, que optar por la alfabetización científica no debería suponer desatender la preparación disciplinar, coincidiendo en que si no tiene lugar esta alfabetización científica, resultará más difícil e, incluso, imposible una formación más especializada (Cross, 1999; Gil y Vilches, 2004; Acevedo et al., 2005).

c) Por el contrario, *en bachillerato se debe priorizar la orientación conceptual*, a la que habría que prestar mayor atención, *aunque no con el predominio, casi exclusivo, que recibe en la actualidad*, como se pone de manifiesto al comparar los valores de las medianas, en respuestas a preguntas similares a las que se formularon para la ESO (Tabla 6).

Tabla 6
Atención a los distintos ámbitos formativos en bachillerato.

	SITUACIÓN DESEABLE			SITUACIÓN ACTUAL		
	Mediana	Q1	Q3	Mediana	Q1	Q3
Conceptos	5	5	5	4	4	5
Procedimientos	5	4	5	3	2	4
Naturaleza ciencia	4	4	5	2	1	3
CTS	5	4	5	2	2	3
Actitudes	4	4	5	3	2	4

Cuando se pronuncian sobre la situación deseable, se observa una gran homogeneidad, ya que la distancia entre los cuartiles Q1 y Q3 es pequeña en todos los casos, al contrario de lo que sucede en relación con sus puntos de vista sobre la situación actual, más heterogéneos, existiendo diferencias significativas entre los valores que otorgan a conceptos y los correspondientes al resto de las dimensiones formativas (Tabla 7).

Tabla 7
Relación de diferencias significativas entre dimensiones.

SITUACIÓN DESEABLE	
Conceptos – N. ciencia	Z = 1,95 α = 0,05
SITUACIÓN ACTUAL	
Conceptos – Procedimientos	Z = 3,73 α = 0,00
Conceptos – N. ciencia	Z = 4,64 α = 0,00
Conceptos – CTS	Z = 4,16 α = 0,00
Conceptos – Actitudes	Z = 3,89 α = 0,00
(N. ciencia – Actitudes)	Z = 1,83 α = 0,07

Sin embargo, los argumentos con los que justifican sus puntos de vista hacen referencia a la calidad de los aprendizajes más que a su cantidad:

– En bachillerato es necesaria una mayor profundización en los conceptos, leyes y teorías de las disciplinas científicas, aprendizajes de alto nivel, como corresponde a las mayores capacidades intelectuales de los estudiantes. Como en ESO, se reitera la importancia de que éstos no sean enciclopédicos y memorísticos.

– No obstante, con la mirada puesta en una progresiva especialización profesional, justifican que la educación científica debe profundizar en otras dimensiones relacionadas con la preparación de futuros científicos:

- El desarrollo de las estrategias para la resolución de problemas (formulación de hipótesis, elaboración de diseños experimentales, etc.) les capacitarán a analizar e interpretar los fenómenos naturales, y a utilizar, adecuadamente, la terminología científica y determinadas herramientas matemáticas, fomentando la adquisición de hábitos de argumentación y de trabajo en equipo.
- Un mejor conocimiento de las relaciones CTS les permitirán valorar la ciencia como construcción humana, comprender sus complejas interacciones con la tecnología y –como señalaban en ESO– las repercusiones que éstas tienen a nivel social, desarrollando actitudes críticas, relativamente fundamentadas, sobre los problemas individuales y sociales derivados del uso de los conocimientos científicos y tecnológicos (democratización de la ciencia y alfabetización científica).
- Los aprendizajes anteriores deben contribuir a lograr una imagen adecuada en relación con la naturaleza de la ciencia y con la actividad científica.

– Como en ESO, también son frecuentes las alusiones a que *los aprendizajes científicos se vinculen a los fenómenos de la vida cotidiana*, de manera que permitan a los estudiantes afrontar problemas que se les plantean habitualmente, facilitando su incorporación a una sociedad en la que la perspectiva científica es sólo uno de los enfoques desde el que se pueden valorar los acontecimientos que suceden a nivel personal y colectivo.

– En cuanto a la contribución de la educación científica al desarrollo de actitudes, valores y normas de comportamiento, en bachillerato, de manera coherente con los puntos de vista señalados, se refieren, básicamente, a dos ámbitos:

- El primero tiene que ver con las tareas relacionadas con el quehacer científico (curiosidad, apertura y creatividad, pensamiento crítico, etc.).
- El segundo, con las conductas vinculadas al desarrollo sostenible (respeto por la naturaleza, valoración de los problemas medioambientales derivados de los malos usos del medio natural, etc.).

d) En coherencia con estos puntos de vista, la mayoría de los profesores señalan que *en bachillerato debería predominar la orientación propedéutica* (Tabla 8):

– Puesto que han elegido una especialidad científica, es necesario ofrecer a los estudiantes una formación que les permita proseguir estudios superiores; que les motive por las ciencias, les muestre sus distintas dimensiones de manera contextualizada y les prepare para trabajar como futuros científicos (doce profesores otorgan un punto a esta opción). Algunos añaden que una mala formación en bachillerato puede desorientar a los estudiantes sobre sus expectativas universitarias y sobre su futuro profesional, y provocar que quienes pensaban seguir estudios científicos abandonen esta idea.

Tabla 8

Orientación que debería tener la educación científica en bachillerato.

	MEDIA	D. TÍPICA	C. VARIACIÓN
Propedéutica	0,70	0,33	0,47
A. científica	0,30	0,33	1,10

– Un segundo grupo de profesores (15) –que puntúan la opción propedéutica entre 0,7-0,9– conceden cierto espacio a aquellos aprendizajes que tienen que ver con una cultura científica y tecnológica más básica, más generalista, en la línea de ciencias para la ciudadanía.

– Sin transición por situaciones de equilibrio, y en una posición menos disciplinar (asignan a la opción propedéutica 0,3-0,4), se sitúan 8 profesores que priorizan la ACyT de los estudiantes, sin excluir cierto enfoque propedéutico, ya que una educación más general no debe estar reñida con la formación científica.

– Por último, 5 profesores se muestran partidarios de que, también en este nivel educativo, la enseñanza se oriente a ACyT de los estudiantes (puntuaciones superiores a 0,8 para esta opción). Argumentan que el bachillerato no debería preparar para el examen de selectividad (tal y como está concebido), ya que existen objetivos formativos más generales, que deberían ser prioritarios.

Algunos añaden que una formación menos específica, más generalista, es necesaria para el desarrollo de estudios universitarios de carácter científico, y contribuirá a

construir una sociedad más culta, mejor preparada para el análisis y la toma de decisiones. Un profesor va más allá y argumenta que la formación científica debe ser adquirida en la universidad, y no en el último año de bachillerato.

En general, la mayor profundización conceptual en bachillerato se justifica señalando que, si bien el nivel de exigencia cognitiva es mayor, también lo son los conocimientos y capacidades intelectuales de unos estudiantes que han elegido, de manera voluntaria, una orientación científica, por lo que cabe suponer muestren mayor interés por estas disciplinas.

3. Causas que pueden explicar la orientación actual de la enseñanza

Según estos profesores, las principales razones que podrían explicar la orientación actual de la educación científica –analizadas con mayor detenimiento en un estudio anterior (Banet, 2007b)– se refieren a cuatro ámbitos (Tabla 9):

Tabla 9
Algunas causas de la orientación actual de la enseñanza de las ciencias.

	CAUSAS
Profesorado	– Formación academicista. – Carencias en la formación científica: naturaleza de la ciencia y relaciones CTS. – Falta de formación didáctica. – Discrepancias con finalidades educativas.
Enseñanza	– Desarrollo y evaluación de contenidos conceptuales de escasa utilidad. – Metodología expositiva, dogmática... – Inercias contextuales en profesores, departamentos, centros... – Escasa reflexión sobre el desarrollo de los procesos educativos.
Currículo	– Poco tiempo disponible. – Currículos escolares: extensos y fragmentados. – Libros de texto enciclopédicos.
Administración	– Escasa preocupación por la formación del profesorado. – Falta de seguimiento y control de la enseñanza.
Bachillerato	– Presiones de las PAU.

a) *Formación del profesorado*, consecuencia de las deficiencias en la formación inicial, orientada hacia una formación academicista que llevaría a los docentes a considerar que proporcionar a los estudiantes una adecuada instrucción científica consistiría en el aprendizaje de amplios conocimientos de carácter conceptual (hechos, leyes, teorías, etc.) que, sin pretenderlo, de manera explícita, iría dirigida más a la memorización que a comprender e interpretar los fenómenos naturales. Formación inicial que no les hace competentes en algunos ámbitos

científicos de interés educativo (naturaleza de la ciencia, relaciones CTS). Además, una inadecuada preparación didáctica contribuye a empeorar esta situación.

Es evidente que los modelos de formación inicial no han acabado de adaptarse a las nuevas demandas educativas que se proponen desde las perspectivas de la ACyT, cambios que se vienen reclamando desde hace tiempo (Stenhouse, 1984; Carr, 1990), en particular en nuestro sistema educativo (García y Porlán, 1990; Del Carmen, 1990).

En cuanto a la formación permanente, estos docentes reconocen que, si bien los esfuerzos que acompañaron al desarrollo de la LOGSE (centros de profesores y recursos, actividades de actualización científica y didáctica, etc.) tuvieron interés y llegaron a un buen número de profesores, la forma de presentar las nuevas orientaciones cayeron, con frecuencia, en los mismos errores que los enfoques educativos que pretendían modificar, siendo consideradas, con frecuencia, como propuestas de teóricos que no saben lo que es enseñar a los adolescentes de hoy en día, que desconocen la realidad de las aulas y de los centros, provocando cierta sensación de «dogmatismo didáctico», «adoctrinamiento», dicen algunos. Es decir, señalan que estas iniciativas han tenido una repercusión limitada en la actividad profesional del profesorado, puntos de vista que coinciden con los resultados de la investigación educativa (Amat, 2005).

La falta de preparación didáctica sería la causa de que los docentes se muestren inseguros y poco receptivos a la hora de implementar enfoques educativos innovadores (Banet, 2007b). Según apuntan algunas respuestas, el profesorado no habría hecho la transición intelectual que supone asumir que los objetivos educativos de la formación científica de los estudiantes no sólo supone la adquisición de conocimientos conceptuales. Es decir, de acuerdo con Caamaño y Vidal (2001) muchos profesores no han cambiado porque no saben, no pueden o no creen que deban hacerlo.

b) En cuanto a la *enseñanza*, se insiste en que la orientación conceptual —que se desarrolla muy poco contextualizada en relación con la vida cotidiana— tiende a anular o minimizar las restantes dimensiones formativas, orientación sustentada en el predominio de enfoques educativos basados en la transferencia de información, lo que conlleva presentar los contenidos de manera expositiva, dogmática, proporcionando respuestas sin preguntas previas, etc. Estos enfoques limitan el papel de los estudiantes a actuar como receptores de conocimientos y cierran el paso al desarrollo de otras alternativas relacionadas con la resolución de problemas personal o socialmente relevantes para ellos.

Como también se escucha a otros compañeros, estos profesores también consideran que una de las causas importantes del fracaso escolar reside en los estudiantes (no se esfuerzan, no muestran el interés necesario, etc.). No obstante, matizan esta opinión aludiendo a la responsabilidad de los docentes, ya que sus decisiones sobre los contenidos y la metodología de enseñanza también pueden ser responsables del escaso interés del alumnado por

los conocimientos científicos, desinterés que estaría en el origen de algunos comportamientos poco disciplinados, produciendo, como otra consecuencia negativa, la desmotivación del profesorado.

c) En relación con el *currículo*, las opiniones del profesorado destacan distintos aspectos. En relación con su organización, algunos de los obstáculos más repetidos se refieren a su fragmentación ante la necesaria interdisciplinariedad y a su distanciamiento del entorno, frente a la importancia de integrar escuela y comunidad.

También son muchas las referencias a los libros de texto que, al menos en nuestro contexto educativo, han tenido —y tienen— un papel determinante en lo que se enseña en las aulas (Del Carmen, 2001). En este sentido, los profesores señalan que, aunque sus programas son demasiado extensos y que terminarlos se convierte en un objetivo prioritario, presentan importantes lagunas en relación con las necesidades formativas de los estudiantes, puntos de vista que coinciden con los numerosos resultados presentados por la investigación educativa, que han puesto de manifiesto que las editoriales no se adecuaron a lo que establecía la LOGSE (Calvo et al., 2005; Pro et al., 2008).

También existe una queja generalizada sobre el tiempo disponible para su desarrollo, aunque algunos matizan que la realidad ha demostrado que cuando se ha dispuesto de un tiempo mayor, no se ha prestado atención a otras dimensiones educativas, siendo utilizado para profundizar en los conocimientos de naturaleza conceptual.

A otro nivel, los profesores explican que en los centros y departamentos se refuerza y perpetúa cierta inercia educativa (señalada por Pedrinacci y del Carmen, 1997) que afecta a la rigidez en la disponibilidad de las instalaciones —laboratorios—, cuya utilización no se planifica según las necesidades formativas de los estudiantes, sino en función de los intereses del profesorado, y a la escasa importancia de las tutorías, como actividad eficaz de los procesos educativos... También se refieren a la resistencia de los compañeros ante los cambios educativos, como ha señalado Niedo (2001), que pueden sentirse cuestionados; a departamentos reacios a modificar los planteamientos docentes más tradicionales; a alumnos no entrenados e inseguros ante la innovación; y, a otro nivel, a horarios rígidos. Estas inercias ejercen una gran influencia sobre el profesorado novel, de manera que éstos se incorporan a la enseñanza asumiendo, sin especiales contradicciones, la orientación conceptual establecida.

d) En otros casos las miradas se dirigen a la *Administración*, señalando la escasa preocupación por la formación de su profesorado; en particular, no se fomenta ni se incentiva su participación en actividades de innovación e investigación. En este sentido, se reclama la necesidad de revisar la función de directores e inspectores, que deberían pasar de simples gestores a ocupar estos cargos atendiendo a sus capacidades para impulsar la renovación pedagógica de los centros y a su motivación para velar por el desarrollo y el cumplimiento de las orientaciones educativas que se hubieran propuesto. En consecuencia, las reformas curriculares se quedan en meros proyectos.

Y en bachillerato, los docentes se refieren a que la naturaleza de las PAU obliga al profesorado a desarrollar una enseñanza centrada en el aprendizaje de conceptos: la enseñanza se hace más enciclopédica y se desarrolla de manera apresurada, sin la profundidad y la reflexión necesarias para que los estudiantes puedan comprender sus dimensiones científicas más importantes.

También señalan que se tiende a identificar rigor docente con el desarrollo de contenidos conceptuales de mayor nivel, y que la valoración del profesorado de este nivel educativo se realiza atendiendo a los resultados de los estudiantes en estos exámenes.

En resumen, la opinión de los profesores consultados muestra una notable coincidencia con las aportaciones de estudios similares desarrollados en nuestro contexto educativo, en particular, cuando resaltan la importancia de:

- a) Que la formación de los estudiantes considere dimensiones educativas complementarias a la conceptual, y destacan la notable distancia entre estas orientaciones y la práctica en las aulas (Furió et al., 2001, 2002).
- b) Introducir modificaciones sustanciales en los programas de formación inicial y permanente de profesores, con objeto de prepararles para afrontar los nuevos escenarios educativos (Sáez, 1990; Gil et al., 1999; Copello y Sanmartí, 2001; Martínez, et al., 2001).
- c) Disponer de mejores materiales curriculares, ya que durante los años de vigor de la LOGSE no sólo no se adecuaron a sus orientaciones, sino que no introdujeron cambios significativos en las sucesivas ediciones (Calvo et al., 2005).
- d) Que el desarrollo de las programaciones en Departamentos y Centros tengan en cuenta el perfil innovador del currículo oficial, circunstancia que no se ha producido, de manera que el profesorado imparte las materias de acuerdo con su práctica docente habitual (Amat, 2005).

Desde nuestro punto de vista, el carácter formativo que para estos profesores ha tenido su participación en iniciativas de innovación y/o investigación educativas han influido, de manera notable, en los análisis que realizan sobre las finalidades de la educación científica, sus obstáculos y las posibles alternativas para superarlos.

CONCLUSIONES: ALGUNAS PROPUESTAS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN

Aunque no es difícil compartir el diagnóstico realizado en apartados anteriores, sí lo es más ponerse de acuerdo en las iniciativas que habría que llevar a cabo para mejorar la calidad de la educación científica de los estudiantes. Como primera idea habría que señalar que *el recorrido para introducir los cambios necesarios no resulta sencillo y requiere el compromiso del profesorado.*

Modificar la práctica docente para que responda mejor a las finalidades que proponen desde la investigación educativa se presenta como una empresa compleja –en su dimensión más teórica y en lo que tiene que ver con la planificación y desarrollo de la enseñanza–, y requiere impulsar iniciativas, algunas de gran calado, reclamadas desde hace tiempo, pero que todavía no han sido abordadas con la decisión suficiente, actuaciones que deberían considerar dos ideas importantes:

- El consenso y la participación de los sectores implicados en la educación, en particular, del profesorado, responsable de trasladar al aula los cambios educativos (Lederman, 1992).
- Además, los docentes deben percibir, con meridiana claridad, que estas iniciativas son viables en el complejo marco en el que se desarrolla la enseñanza en las aulas, de manera que, pisando con cierta seguridad en los «nuevos terrenos», las afronte sin grandes tensiones (Nieda, 2001).

Pero... ¿cómo intentar comprometer a los profesores con estos cambios educativos, en particular a quienes, como consecuencia de su visión claramente disciplinar, no los comparten? Como resumen de nuestras reflexiones sobre las opiniones del profesorado y las contribuciones de la investigación educativa, algunas iniciativas para mejorar la calidad de la educación científica de los estudiantes pasarían por:

1. *Cambiar los modelos y estrategias de formación del profesorado.* Desde la idea de desarrollo profesional, los resultados de este artículo van en la línea de lo señalado por Pro (2005), cuando señala la necesidad de acometer profundos cambios no sólo en la organización docente de la formación inicial (objetivos, coordinación entre conocimiento académico y práctico, contexto en el que se desarrolla y, en particular, en el período de prácticas escolares), sino también en sus contenidos (metodología de enseñanza, análisis de situaciones reales de enseñanza, etc.). Formación que debería ir orientada a una verdadera integración de contenidos académicos, didácticos –en la línea del conocimiento didáctico del contenido (Shulman, 1989)– y prácticos, mediante la puesta en práctica de estrategias que fomenten actitudes de reflexión, indagación e innovación sobre los problemas que se plantean en las aulas.

También sería muy importante que exista una continuidad entre la formación inicial y la inmersión de los profesores principiantes en la docencia, existiendo, también en esta etapa, formación, asesoramiento y seguimiento por parte de profesores expertos (Pro, 2005).

En cuanto a la formación permanente, sólo desde una interpretación simplista de los cambios curriculares y de los procesos de formación es posible asumir que basta con presentar las propuestas de los expertos para que sean aceptadas y aplicadas por los profesores (Vilches et al., 2004). En este sentido, y aunque son muchas las contribuciones realizadas, desde la perspectiva de este estudio mejorar estos procesos requiere que los modelos

de formación contemplen dimensiones sociales, personales y profesionales, y tengan, como referencias importantes, la práctica reflexiva y colaborativa, ligada a la innovación escolar y a la investigación en el aula (García y Porlán, 1990; Marx et al., 1998; Gil et al., 1999, entre otros).

Es decir, diseminar el currículo no es suficiente. Incorporar a los profesores a los cambios curriculares requiere un trabajo continuo que les prepare para trabajar de manera colectiva, por lo que es necesario implementar programas eficaces para conseguir la formación de grupos de profesores innovadores o de futuros investigadores (Furió y Carnicer, 2002; Furió et al., 2002). Una referencia fundamental de estos modelos de formación sería la colaboración para afrontar los problemas de enseñanza-aprendizaje que se encuentran durante su práctica educativa, en particular, aquellos relacionados con el análisis reflexivo y crítico de los elementos relacionados con la planificación y el desarrollo de la enseñanza de manera coherente con las finalidades educativas de la educación secundaria, consideración que requiere.

2. Superar la percepción académica y social de que impartir clase es, casi por definición, la única función del profesor, idea que constituye un auténtico freno para los cambios educativos, pero que es asumida por las administraciones y por muchos profesores. Por el contrario, es necesario considerar al profesor como un agente real de cambio e innovación educativos (Escudero, 1991), capaz de interesar a los estudiantes por las ciencias.

Esta antigua demanda, que hasta el momento no se ha querido o no se ha sabido atender, requiere que en los grupos de trabajo se impliquen profesores de secundaria y de la universidad, con objeto de intercambiar conocimientos, experiencia profesional y propuestas que ya han explorado enfoques innovadores. De esta manera, sería posible avanzar en el perfil del profesor señalado, así como en la elaboración, utilización y evaluación de materiales didácticos que, superando las deficiencias anteriormente descritas, constituyeran propuestas –alternativas a los libros de texto– comprometidas con las finalidades educativas analizadas en este artículo.

En este sentido, y aunque en su declaración de intenciones la LOE señala que, durante la ESO la enseñanza debe contribuir a la alfabetización científica, y considera la ciencia como parte de la cultura de los ciudadanos, estas ideas no se reflejan adecuadamente en el desarrollo de la propuesta curricular (Banet, 2007a); problemas similares se han señalado en la de bachillerato (Cañal, 2008). Por tanto, el diseño de estos materiales deberían contribuir a mejorar las orientaciones de la LOE en la línea de las sugerencias realizadas por estos autores y, en particular, a: organizar y orientar sus contenidos, seleccionando aquellos de mayor interés y utilidad personal y social para los estudiantes; y promover una enseñanza basada en estrategias educativas menos rígidas y más investigadoras que favorezcan la formulación de preguntas sobre fenómenos naturales próximos a los estudiantes.

En todo caso, estos equipos de trabajo deberían tener vocación de continuidad, en los que se deberían introducir, de manera particular, a los profesores que se inician en la enseñanza. De esta manera, se contribuiría a superar ciertas resistencias que emanan de la cultura escolar y que dificultan los cambios educativos, en particular la situación de «aislamiento docente» –del profesor solitario– que caracteriza el trabajo de muchos, así como la percepción –no siempre acertada– de que los resultados de la investigación que se realiza en la universidad tienen escasa repercusión en la práctica educativa.

En la medida en que esta perspectiva de la profesión docente sea tomada en serio, se estará dando un paso cualitativo y cuantitativamente importante para mejorar la calidad de la educación científica de los estudiantes.

3. El compromiso de las administraciones educativas, a la hora de reconocer la importancia de que estas responsabilidades sean asumidas como parte del desarrollo profesional de los profesores. Es necesario que exista una verdadera preocupación por impulsar iniciativas que mejoren la consideración profesional y social del profesorado y contribuyan a crear un clima de confianza entre docentes y administración, de manera que no suceda, como apuntan algunos profesores, que, reconociendo que la situación educativa no es la adecuada, los docentes carecen de estímulos para cambiarla.

Compromiso que pasaría por promover, facilitar y apoyar sin reservas (Guisasola et al., 2001) los equipos antes señalados, lo que implicaría propiciar, durante su horario de trabajo habitual, espacios y tiempos que sociabilicen la labor del profesor y que permitan intercambiar experiencias, respaldo que debería ser sostenido y sistemático (Nieda, 2001), para conseguir que un profesorado mejor preparado contribuya a mejorar la enseñanza en estos niveles educativos.

Aunque estos cambios requieren sus tiempos, sería posible encontrar soluciones imaginativas para que, de manera gradual y con perspectivas de futuro, se desarrollaran actuaciones que impliquen al profesorado en iniciativas de esta naturaleza. Si, por el contrario, se presume que estos cambios serán llevados a cabo en su tiempo libre (según el voluntarismo de cada cual), se transmitirá de nuevo un mensaje equivocado, y se repetirán situaciones de desánimo en profesores que intentan modificar sus planteamientos educativos, pero encuentran serios obstáculos para abrirse paso en el complejo entramado de la realidad de los centros, desde la organización de la enseñanza hasta la incomprensión de los compañeros: en palabras de algún profesor de secundaria ... «nos consideraban como bichos raros», por lo que muchos profesores motivados han tenido que volver a planteamientos educativos tradicionales (Oliva y Acevedo, 2005).

4. Introducir cambios importantes en los objetivos y el formato de las PAU. Retomando lo que decían los profesores, las situaciones que se planteen deberían permitir conocer las capacidades de los estudiantes para transferir y aplicar conocimientos, mediante la resolución de problemas personal y socialmente relevantes (Nieda,

2001; Vázquez et al., 2005), formación coherente con la preparación de futuros científicos, ya que resulta paradójico que quienes defienden su orientación propedéutica olviden la importancia que en dicha formación tienen las estrategias y actitudes características de la investigación científica.

Es preciso reconocer, sin embargo, que se trata de un problema muy complejo que no tiene una solución inmediata, básicamente por las resistencias que emanan de la universidad, compartidas por muchos profesores de bachillerato, y que sólo se podrán superar mediante el diálogo razonado entre profesores, investigadores y responsables universitarios, con el propósito de aportar sentido común y coherencia a estas pruebas.

Para finalizar, los resultados y reflexiones presentados en este estudio dejan fuera de toda duda la necesidad de impulsar los importantes cambios que se vienen proponiendo desde la investigación educativa y que los profesores consultados comparten. Sin embargo, existen algunas dificultades importantes para que estas aportaciones tengan una repercusión real en las aulas:

– Unas derivan de la poca precisión de muchas de estas contribuciones, de las que no se desprenden orientaciones suficientemente claras para la práctica educativa; también, de la falta de suficientes –y consistentes– evidencias que pongan de manifiesto las ventajas de nuevos enfoques educativos sobre otros más tradicionales (Leach y Scoot, 2003).

– Otras tienen que ver con las percepciones que los profesores tienen sobre las mismas que, como decíamos, consideran ideas de «teóricos» que desconocen la realidad de las aulas, poco o nada útiles para la enseñanza de las ciencias.

En consecuencia, por su complejidad, las iniciativas señaladas se deberían plantear como proyectos a medio y largo plazo, cuya incidencia sobre la práctica educativa se producirá en la medida en que estos cambios tengan carácter participativo en sentido amplio (colaboración crítica y constructiva de profesores, investigadores, administraciones educativas, familias), que permitan lograr amplios consensos sobre la orientación de la educación científica en secundaria, favoreciendo mejoras progresivas –no cambios radicales–, que también pudieran ser asumidas, incluso, por quienes reclaman que, ya desde la ESO, se debería proporcionar una formación científica.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio no habría sido posible sin el interés con el que han colaborado los 40 profesores de secundaria de distintas comunidades autónomas, así como sin el acceso que a los mismos me han facilitado algunos compañeros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAM, I. y MILLAR, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), pp. 1945-1969.
- ACEVEDO, J.A. (1993). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. *Alambique*, 3, pp.75-84.
- ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A. y MASSANERO, M.A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2).
- ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A., MARTÍN, M., OLIVA, J.M., ACEVEDO, P., PAIXAO, F. y MASSANERO, M.A. (2005). La naturaleza de la ciencia y la educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), pp. 121-140.
- AMAT, E. (2005). Perfil de innovación curricular versus perfil de uso. Estudio de la implantación de la Física y Química del Bachillerato LOGSE en la Comunidad Autónoma de Murcia. Tesis doctoral Universidad de Murcia.
- ATKIN, J.M. y HELMS, J. (1993). Getting serious about priorities in science education. *Studies in Science Education*, 21, pp. 1-20.
- AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. (1983). *Psicología evolutiva: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- BANET, E. (2007a). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), pp. 5-20.
- BANET, E. (2007b). Nuevas enseñanzas mínimas para las ciencias de la naturaleza (biología y geología) en la ESO: ¿una reforma necesaria? *Alambique*, 53, pp. 77-94.
- BARMBY, P., KIND, P.M. y JONES, K. (2008). Examining changing attitudes in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 30(8), pp. 1075-1093.
- BOUJAOUDE, S. (2002). Balance of scientific literacy themes in science curricula: the case of Lebanon. *International Journal of Science Education*, 24(2), pp. 139-156.
- CAAMAÑO, A. (2008). La evaluación PISA en ciencias en 2006 en España e Iberoamérica. *Alambique*, 57, pp. 5-11.
- CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica. La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), pp. 243-254.
- CALVO, P., ARACELI, M. y MARTÍN, M. (2005). Análisis de la adaptación de los libros de texto de ESO al currículo oficial, en el campo de la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), pp. 17-32.
- CAÑAL, P. (2008). El nuevo currículo de biología para bachillerato: ¿qué ha cambiado y qué debe cambiar? *Alambique*, 56, pp. 35-50.
- CAÑAS, A., MARTÍN-DÍAZ, M.J. y NIEDA, J. (2008). ¿Debería nuestro currículo adaptarse más a la competencia científica de PISA? *Alambique*, 57, pp. 32-40.
- CARR, W. (1990). Cambio educativo y desarrollo profesional. *Investigación en la Escuela*, 11, pp. 3-11.
- COPELLO, M.I. y SANMARTÍ, N. (2001). Fundamentos de un modelo de formación permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), pp. 269-283.
- CROSS, R.T. (1999). The public understanding of science: implications for education. *International Journal of Science Education*, 21, pp. 699-702.
- DEBOER, G.E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), pp. 582-601.
- DEL CARMEN, L. (1990). Desarrollo curricular y formación permanente del profesorado, en Gil, D. (ed.). «Formación de formadores en Didáctica de las Ciencias», pp. 45-58. Nau Llibres: Valencia.
- DEL CARMEN, L. (2001). Los materiales de desarrollo curricular: un cambio imprescindible. *Investigación en la Escuela*, 43, pp. 51-56.
- DEWEY, J. (1916). *Democracy and education*. The Free Press: New York. Trad. Castellana: «Democracia y Educación». Madrid: Morata, 1997.
- DRIVER, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp. 3-15.
- DRIVER, R. y OLDFAN (1988). Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en ciencias, en: Porlán, R., García, J.E. y Cañal, P. (comps.). «Constructivismo y enseñanza de las ciencias». Sevilla: Díada Editora, pp. 115-136.
- ESCUADERO, J.M. (1991). La naturaleza del cambio planificado en educación: cambio como formación y formación para y como cambio, en Escudero, J.M. y López, J. (coords.). «Los desafíos de las reformas escolares. Cambio educativo y formación para el cambio». Sevilla: Arquetipo Ediciones, pp. 133-177.
- FURIÓ, C. y CARNICER, J. (2002). El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), pp. 47-65.
- FURIÓ, C., VILCHES, A., GUIASOLA, A.J. y ROMO, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), pp. 365-376.
- FURIÓ, C., VILCHES, A., GUIASOLA, J. y ROMO, V. (2002). Spanish teachers' views of the goals of science education in secondary education. *Research in Science & Technological Education*, 20(1), pp. 39-52.
- GARCÍA, J.E. y PORLÁN, R. (1990). Cambio escolar y desarrollo profesional: un enfoque basado en la investigación en la escuela. *Investigación en la Escuela*, 11, pp. 25-37.
- GIL, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- GIL, D. y VILCHES, A. (2004). Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16 (3), pp. 259-272.
- GIL, D. y VILCHES, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones. ¿realidad o mito? *Revista*

- Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), pp. 302-329.
- GIL, D., FURIÓ, C., VALDÉS, P., SALINAS, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., GUIASOLA, J., GONZÁLEZ, E., DUMAS CARRÉ, A., GOFFARD, M. y PESSOA DE CARVALHO, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y la realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp. 311-320.
- GUIASOLA, J., PINTOS, M.E. y SANTOS, T. (2001). Formación continua del profesorado, investigación educativa e innovación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 41, pp. 207-222.
- HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57.
- HOLBROOK, J. y RANNIKMAE, M. (2007). The Nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), pp. 1347-1362.
- HURD, P.D. (1998). Scientific literacy: a new minds for a changing world. *Science Education*, 82, pp. 407-416.
- KLEIN, P.D. (2006). The challenges of scientific literacy: from the viewpoint of second-generation cognitive science. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), pp. 143-178.
- LAUGKSCH, R.C. (2000). Scientific Literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84, pp. 71-94.
- LEACH, J. y SCOTT, P. (2003). Individual and sociocultural views of learning in Science Education. *Science & Education*, 12, pp. 91-113.
- LEDERMAN, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, pp. 331-359.
- LEMKE, J.L. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), pp. 5-12.
- LÓPEZ-GAY, R. (2001). Una reflexión crítica sobre el estado de la enseñanza de las ciencias de la naturaleza en la ESO. *Alambique*, 27, pp. 19-30.
- MARTÍNEZ AZNAR, M.M., MARTÍN DEL POZO, R., RODRÍGO, M., VARELA, P., FERNÁNDEZ, M.P. y GUERRERO, A. (2001). ¿Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de ciencias de secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), pp. 67-87.
- MARX, R.W., FREEMAN, J.G., KRAJCIK, J.S. y BLUMENFELD, P.C. (1998). Professional development of science teachers. En B.J. Fraser y K.G. Tobin (eds.), *«International Handbook of Science Education»*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, pp. 667-680.
- MEMBIELA, P. Ed. (2002). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.
- NIEDA, J. (2001). Las ciencias en la ESO: una mirada particular. *Alambique*, 27, pp. 9-18.
- OCDE (2000). *Conocimientos y destrezas para la vida: primeros resultados del proyecto PISA. Resumen de resultados*. Madrid: INECSE/MEC.
- OCDE (2003). *Marcos teóricos de PISA 2003: la medida de los conocimientos y destrezas en matemáticas, lectura, ciencias y resolución de problemas*. Madrid: INECSE/MEC.
- OCDE (2006) *PISA 2006. Marco de la Evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. Madrid, Santillana.
- PEDRINACCI, E. y DEL CARMEN, L. (1997). La secuenciación de contenidos: mucho ruido y pocas nueces. *Alambique*, 14, pp. 9-20.
- PRO, A. (2007). Los contenidos de los proyectos curriculares de física y química en secundaria en la implantación de la reforma LOGSE. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), pp. 367-386.
- PRO, A. (2005). ¿Tenemos problemas en la enseñanza de las ciencias? Algunas reflexiones ante un nuevo y desconocido currículo de ciencias, en Echevarría y otros: *La Didáctica de las Ciencias ante las Reformas Educativas y la Convergencia Europea*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Bilbao.
- PRO, A., SÁNCHEZ, G. y VALCÁRCEL, M.V. (2008). Análisis de los libros de texto de física y química en el contexto de la Reforma LOGSE. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (2), pp.193-208.
- OLIVA, J.M. y ACEVEDO, J.A. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), pp. 241-250.
- REID, D.J. y HODSON, D. (1989). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.
- ROSE: The relevance of Science Education, 2004. A cross-cultural comparative project on young people' views and perceptions, attitudes, values, interests, plans, priorities-related to science and technology <<http://www.ils.uio.no/forsking/rose/>>.
- ROTH, W.M. y LEE, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science Education*, 88(2), pp. 263-291.
- SÁEZ, M.J. (1990). El reto de un cambio insoslayable. La formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), pp. 144-152.
- SHAMOS, M. (1995). *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press: New Brunswick (NJ).
- SHULMAN, L.S. (1989). Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: una perspectiva contemporánea, en Wittrock, M.C. (ed.). *«La investigación de la enseñanza. Vol I. Enfoques, teorías y métodos*. Paidós. Madrid.
- STENHOUSE, L. (1984). *Investigación y desarrollo del currículo*. Narcea: Madrid.
- UNESCO-ISCO (1999). Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: un nuevo compromiso. Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico <<http://www.campus-oci.org/salactsi/budapestdec.htm>>.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A. y MASSANERO, M.A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2).
- VILCHES, A., SOLBES, J. y GIL-PÉREZ (2004). Alfabetización científica para todos contra la ciencia para futuros científicos. *Alambique*, 41, pp. 89-98.
- YORE, L.D. y TREGUST, D.F. (2006). Current realities and future possibilities: language and scientific literacy-empowering research and informing instruction. *International Journal of Science Education*, 28 (2-3), pp. 291-314.

[Artículo recibido en enero de 2009 y aceptado en septiembre de 2009]

The goals of secondary school science education: educational research and teachers' opinions

BANET HERNÁNDEZ, ENRIQUE

Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad de Murcia
ebahe@um.es

Summary

The basic goal of this study is to analyze, on the one hand, the objectives that the scientific disciplines should have in secondary education, and on the other hand, to show how secondary education could be improved by means of specific initiatives.

With this aim, we have first made a biographical revision in order to identify the different contributions made on this issue in relation to students' scientific literacy education, as an alternative to the conceptual knowledge which prevails in these educational levels.

Based on these contributions, we analyze the characteristics of scientific education in relation to the basic knowledge of citizens, regardless of the direction they will follow in later studies, their training as future professionals, their cognitive development, as well as their attitudes, values and behavior rules related to their health, consuming habits, environment, and so on.

We also analyze some problems related to these learning approaches: including those which generate some opposition among teachers; as well as others, more practical ones, which deal with the need of defining, more accurately, the educational meaning of the scientific literacy or the difficulties of applying these guidances into the complex context of the classrooms.

Taking into account the previous considerations, after having interviewed some secondary school teachers with a lot of experience in teaching and in educational innovation, in this research the following issues are taken into consideration:

- i) The objectives which should have priority in students' scientific education in Secondary Education.
- ii) The difficulties which can arise and the initiatives which can be developed to improve students' of Secondary Education to reach the desired objectives.

The information was collected by means of a questionnaire, previously tested and later modified, in which the following questions were asked:

- i) Display questions, in which the teachers made a quantitative assessment (Likert scale) on different formative dimensions which characterize scientific education.
- ii) Open-ended questions, in which they explained the reasons for their assessment and pointed out the difficulties they can have when trying to change the educational approach the students receive. They also suggested some alternatives in order to improve students' education.

The results show the following:

i) A lot of secondary education teachers agree that scientific education should pay more attention to the processes related to procedural knowledge and skills, Nature of Science, STS relations and attitudes.

ii) They also pointed out that while in the first levels of secondary students' education should be more centred on scientific and technology literacy, in second levels it should be more based on preparing students for higher scientific studies.

As the main conclusions of this research we have identified some important obstacles which make teachers' work more difficult and we have isolated some initiatives in order to improve the quality of the students' scientific education at these levels. Among them we highlight the need of:

- i) Modifying in-service teacher training strategies. Those changes imply teachers' involvement in innovation and research groups, working with different educational levels, which should have as the main objective to explore teaching and learning problems in their teaching practice.
- ii) Overcoming the academic and social view that teachers' only responsibility is "teaching". That view, which is assumed by educational administration and many teachers, can be an important obstacle to improve students' education.
- iii) Coming to an agreement with the educational administration in order to acknowledge and support, both economically and socially, the importance of those changes, which must be considered as inherent in the professional development of teachers.
- iv) Preparing, using and evaluating more suitable teaching materials as alternative to textbooks, which are available in the market nowadays. That should be one of the tasks teachers' work.
- v) Adapting the Curriculum, both in content selection and methodological approach, and introducing changes with respect to the Principal, the Head of the department and the Inspector roles.
- vi) Introducing changes in University access tests, so that they are less based on memory and more focused on the preparation for higher scientific studies.

The results and conclusions which we present in this research do not leave any doubt of the need to promote changes, that, due to their complexity, should be planned within a both short and long term with the aim of being implemented in teaching practice. The reason for this is that radical changes cannot be carried out in teaching programmes and that improvement can be better assumed by teachers in a progressive way.

