

*El descenso del interés de los alumnos de enseñanza secundaria por el aprendizaje de la física se traduce, en los países avanzados, en una disminución de estudiantes universitarios de física e ingeniería*

## El futuro de la enseñanza de la física

Jordi Solbes, Ángela Calvo y Francisco Pomer



Ángela Calvo

**ABSTRACT:** In this work we present some of the problems in physics teaching and its consequences on the students, proposing some ideas that can serve to improve the situation. The LOGSE has used some of these ideas, but has left other problems pending on the solution.

### 1. INTRODUCCIÓN

En una sociedad científica y tecnológicamente desarrollada, la enseñanza de la física presenta un interés primordial para todos los estudiantes al permitirles comprender desde gran parte de los dispositivos cotidianos hasta el cosmos en su globalidad (Fdez.-Rañada et al. 1993). Sin ella la formación cultural de los estudiantes quedaría disminuida. Además, es sencillamente imprescindible para aquellos que vayan a seguir más tarde estudios superiores de ciencias e ingeniería.

Una mirada sobre el panorama de la enseñanza de la física en España permite detectar una serie de problemas que analizaremos en el presente trabajo y que son comunes a otros países de nuestro entorno. Presentaremos las consecuencias de dichos problemas en la comprensión de esta materia, en el interés que pueda despertar en los

estudiantes y en las dificultades que tienen para superarla. A continuación propondremos algunas ideas que puedan contribuir a mejorar dicha situación. Una reflexión sobre todo esto resulta importante en estos momentos en que se está implantando el bachillerato LOGSE, que procura ofrecer soluciones a los problemas antes mencionados, pero que deja otros pendientes de solución, como mostraremos en la parte final del trabajo.

### 2. PROBLEMAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Tanto la didáctica de la Física como la experiencia de los profesores coinciden en señalar una serie de problemas en la enseñanza de la Física:

- En los estudiantes no se produce un aprendizaje significativo, sino memorístico. Por ello, los conceptos se olvidan fácilmente y no son aplicados a nuevas situaciones (Novack 1982). Este problema también es señalado por profesores como Feynman (1985), basándose en su experiencia docente: «los estudiantes se habían aprendido todo de memoria, pero no sabían el significado de nada». Y atribuye esta dificultad para un aprendizaje significativo de la Física, en gran parte, al método de enseñanza: «Más tarde asistí a una lección... Los estudiantes todos sentados escribiendo al dictado...». En esto coincide con las aportaciones de la investigación en didáctica de las ciencias.
- También el propio Feynman (1971) plantea la necesidad de actualizar los

currículos de física: «Muchos habían oído hablar de lo interesante y estimulante que es la física: la teoría de la relatividad, la mecánica cuántica y otras ideas modernas. Pero se les hacía estudiar planos inclinados, electrostática y cuestiones por el estilo». Obsérvese la vigencia de este análisis para describir la situación de la física que realmente se enseña en BUP y COU.

- La escasez de trabajos prácticos que, cuando se realizan, juegan simplemente el papel de ilustración o comprobación de lo expuesto anteriormente por el profesor. Generalmente se convierten dichas prácticas en manipulaciones siguiendo guías pormenorizadas (Gil y Payá 1988). Las causas de ello hay que buscarlas en un enfoque empirista de la ciencia, basado en la idea de que la solución de los problemas se obtiene por razonamiento inductivo a partir de datos empíricos, lo que conduce a realizar actividades experimentales, en las que aspectos esenciales del trabajo científico, como la emisión de hipótesis o el diseño de experimentos, son ignorados.
- El fracaso generalizado de los estudiantes en la resolución de problemas, en particular, si se separan ligeramente de los realizados en clase; en efecto, se ha señalado que los alumnos no aprenden a resolver problemas, sino únicamente a comprender y memorizar soluciones explicadas por el profesor, a la aplicación mecánica de las matemáticas, de las «fórmulas», lo cual conduce a que los alumnos se limiten a reconocer problemas que ya

han sido resueltos o a abandonar (Gil y Martínez 1987).

- La ineficacia de la enseñanza usual allí donde sus resultados parecen más positivos: un gran porcentaje de estudiantes no logran comprender los conceptos físicos más básicos, a pesar de la insistencia y repetición con que han sido enseñados. Los errores conceptuales (respuestas incorrectas en las situaciones en que tienen que utilizar dichos conceptos) no son simples olvidos o equivocaciones momentáneas, sino que se muestran como ideas seguras y arraigadas, son similares para alumnos de distintos países y presentan una notable resistencia a ser sustituidos por los conocimientos científicos.

Las investigaciones sobre estos errores y su resistencia a ser desplazados condujo a muy diversos autores a la idea de la existencia de ideas previas o preconcepciones en los alumnos, designadas también como ideas alternativas o esquemas conceptuales alternativos. Por otra parte se puso en duda que la transmisión verbal de conocimientos haga posible un aprendizaje significativo de los mismos por los estudiantes.

Existe una abundante bibliografía sobre la detección de preconcepciones en todos los campos de la ciencia y, en especial, de la física. La mayor parte de los trabajos corresponde a la mecánica, pero los hay también sobre el calor, la corriente eléctrica o la óptica. Se han podido escribir incluso libros sobre ellos como los de Driver, Guesne y Tiberghien (1989) y Hierrezuelo y Montero (1989).

- La desconexión, señalada por los propios estudiantes, entre la física y su «vida cotidiana», «los problemas reales del mundo», «la actualidad», etc. Es decir, una imagen empobrecida y descontextualizada de la física, en la que se ignoran las interacciones de la ciencia, la técnica y la sociedad (CTS) y la historia de la física, es decir, la evolución de los conceptos, la existencia de rupturas conceptuales con las ideas aceptadas, etc. Otros factores mencionados por los estudiantes españoles como causa de su desinterés hacia el aprendizaje de la física son el método de enseñanza del profesor (caracterizado por ellos como aburrido, poco participativo, etc.), la escasez de prácticas y la falta de confianza en el éxito al ser evaluados (Solbes y Vilches 1989 y 1992). Estos resultados, salvo la escasez de prácticas, son semejantes a los obtenidos con

alumnos estadounidenses (Yager y Penich 1986).

### 3. CONSECUENCIAS EN LOS ESTUDIANTES

Las consecuencias de estos problemas en países como los EE.UU. han sido resumidas por Matthews (1991) de la siguiente forma: «pocos alumnos aprendían la asignatura y muchos abandonaban las ciencias en la primera oportunidad que se les presentaba». Más adelante añade que «en los EE.UU. se huye de la ciencia de forma dramática. En 1985-86, 7100 institutos no tenían cursos de física, 4200 no tenían cursos de química y 1300 no tenían cursos de biología». Simultáneamente hay una disminución alarmante en los profesores de enseñanza secundaria: el 30% del profesorado de dicho nivel no estaba debidamente cualificado.

El problema aparece también en Europa, especialmente en el campo de la física. En el Reino Unido, de 9000 plazas de profesores de física de secundaria sólo se cubren 7200 y para el año 2000 se prevé que haya 4000 plazas por cubrir o mal cubiertas. Por ello, se ha optado por no exigir la licenciatura a los profesores, sino solo la diplomatura. En Holanda, donde existe el mismo problema, se ha decidido aumentar los incentivos profesionales y económicos. En Francia sólo se cubren la mitad de las plazas que se sacan a oposición (Editorial, Rev. Esp. de Fis., 1991)

En nuestro país, la opción por la Física de los alumnos con orientación científica y tecnológica se realiza en 3º de BUP, con una asignatura de Física y Química y se completa con una Física en COU. A este respecto, señalar que somos el único país de nuestro entorno europeo, si se exceptúa Portugal, en el que la Física y la Química constituyen una única asignatura a los 16 años (es decir, en 3º de BUP). Esto presenta el grave inconveniente de que el profesor comience por los temas de su disciplina (y aproximadamente, un 80 % de los profesores de Física y Química son químicos), y le quede muy poco tiempo, al final, para llegar a la otra. A este problema, se añade el hecho de que la Física y Química de 3º, con 4 horas, tiene un programa de unos 26 temas. La Física de COU es de 4 horas, con un programa de 9 temas, muchos de los cuales presuponen el conocimiento de los temas de 3º. Este temario enciclopédico e inabordable (muy pocos centros lo imparten) de 3º, no fue un error de sus autores. Inicialmente la Física y la Química de 3º constituían 2 asignaturas independientes con 4 horas cada una, pero para introducir

una asignatura más de letras, se fundieron las 2 en una sola.

Por otra parte, también se detecta un descenso del interés de los alumnos españoles hacia el aprendizaje de la física (cuyas causas ya hemos mencionado en el apartado anterior) e incluso una actitud negativa hacia dicha materia. En efecto, los pocos estudiantes españoles que son capaces de mencionar relaciones de la Física y Química con la técnica y la sociedad se limitan, en su mayor parte, a aquellas que tienen un carácter negativo, asociando las ciencias físicas con las consecuencias más negativas del desarrollo económico y político (destrucción del medio, carrera armamentista, centrales nucleares, etc.) (Solbes y Vilches 1992). Lo contrario sucede con las ciencias biológicas, cuyas interacciones aparecen mayoritariamente como positivas.

Por último, veamos unos datos relativos a la Comunidad valenciana que posiblemente puedan extrapolarse fuera de ella. Entre los estudiantes de los centros de dicha Comunidad que están cursando por vez primera el 2º de Bachillerato de la LOGSE se han calculado los siguientes porcentajes de estudiantes que cursan las respectivas asignaturas:

Matemáticas	66.3
Física	64.1
Dibujo Técnico	47.6
Química	90.7
Biología	81.7
CTMA	63.7

Para las 3 primeras el número total de estudiantes es  $n=490$ , dado que pueden ser cursadas por los alumnos de dos bachilleratos: el de ciencias de la naturaleza y la salud y tecnológico. Para las otras 3,  $n=410$  dado que sólo son cursadas en el bachillerato de ciencias. Aunque la Física, Matemáticas, etc., pueden ser cursadas por un mayor número de alumnos, de hecho no sucede así. Hay más alumnos que escogen la opción ciencias de la salud ( $n=229$ ) que la científico-técnica ( $n=181$ ) del bachillerato de ciencias y en tanto los primeros, que cursan obligatoriamente la Química y la Biología, no eligen las Matemáticas y la Física, los segundos, que cursan obligatoriamente estas últimas, eligen además la Química y en menor grado la Biología. Aunque la muestra es pequeña y deseamos que al crecer no confirme la tendencia, pensamos que ésta se puede atribuir a un conjunto complejo de causas: el desinterés por unas materias, las posibles carreras que se pueden cursar desde cada una de las opciones, la

difficultad, etc., pero el efecto es el mismo: nos vamos pareciendo a los países de nuestro entorno y los alumnos empiezan a abandonar la física.

Estos problemas en la «cantera», es decir, en la enseñanza secundaria se traducen, en los países avanzados, en una disminución del número de estudiantes universitarios de físicas, ingenierías, etc.

#### 4. NUEVAS IDEAS SOBRE LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA

Todos estos problemas hacen necesario un replanteamiento, una revisión, de la enseñanza de la física: de sus objetivos, de sus contenidos, de los métodos para enseñarla y evaluarla.

Por lo cual, es necesario tener en cuenta:

- La estructura de la disciplina, incluyendo no sólo los contenidos conceptuales, sino también la forma en que los científicos abordan los problemas (es decir, las características del trabajo científico), la historia de la física (los problemas que originaron la construcción de conocimientos, cómo éstos llegaron a articularse en teorías, cómo evolucionaron, cuáles fueron las dificultades, etc.) y los desarrollos científicos recientes, para poder transmitir una visión dinámica, no cerrada, de la Física.

- Las características de los alumnos (la forma en que aprenden, sus ideas previas, sus formas de razonamiento, sus intereses y actitudes, etc., para apoyarse en ellos y para transformarlos, es decir, para mejorar su aprendizaje y hacerlo más significativo, para lo cual es necesario un tiempo escolar de activa implicación (no sólo de pasiva recepción) de los estudiantes en las tareas de aprendizaje.

- Las relaciones de la física con la técnica, con la sociedad y el medio ambiente, es decir, la relevancia social de los temas tratados. Y ello no sólo por despertar actitudes positivas (y a la vez críticas) en los estudiantes hacia la física y superar su desinterés, sino también para presentar una imagen más contextualizada y, por tanto, menos empobrecida de la física y, especialmente, para mejorar el aprendizaje dado que éste «estará limitado si la persona no ve conexiones relevantes entre esta actividad y sus intereses personales» (Pope y Gilbert 1983).

Es decir, las propuestas que se hagan deben estar teóricamente fundamentadas y no limitarse a un mero programa.

#### 4.1. Los objetivos

En cuanto a los objetivos, no basta con que los estudiantes comprendan los principales conceptos de la física y su articulación en leyes, modelos y teorías. También es necesario familiarizar a los estudiantes con la forma de trabajo de los científicos y, así mismo, que comprendan las interacciones de la física con la tecnología y la sociedad y sean capaces de resolver situaciones problemáticas físicas que consideren de interés o que se les planteen en la vida cotidiana.

Se trata, pues, de preparar no sólo a los futuros científicos y técnicos, sino de proporcionar una cultura científica a los futuros ciudadanos. Y esto sólo se puede conseguir si se tienen en cuenta, conjunta e inseparablemente, estas finalidades, porque no hay que olvidar que los científicos también son ciudadanos y deben comprender las consecuencias sociales y medioambientales de su trabajo, y los ciudadanos deben entender los principales avances científicos y sus implicaciones, sin las cuales es muy difícil comprender la sociedad avanzada en la que vivimos.

Si esto no es así, será muy difícil superar la idea bastante común de que la cultura está constituida por las artes, la literatura, la filosofía, etc., y que se pone de manifiesto cuando se habla de la ciencia y de la cultura como si de algo diferente se tratara. hecho señalado recientemente por la Asociación de Personal Investigador del CSIC (1992).

#### 4.2. Los contenidos

En cuanto a los contenidos, es necesario tener en cuenta el crecimiento casi exponencial de la física. en tanto que el tiempo que se le asigna permanece constante o disminuye. La consecuencia de esto son temarios enciclopédicos, porque todos los temas son importantes (en particular, para los especialistas en ellos). Sin embargo, es evidente para todos que la comprensión de la física exige tiempo y reflexión detenida. Es necesario seleccionar la materia a estudiar, sin pretender ver todo lo que consideramos importante, pues ello conduce a tratamientos superficiales que deforman la imagen de la ciencia y no proporcionan conocimientos durables.

Hay que seleccionar los conceptos más básicos y generales, es decir, aquellos que reflejan problemas fundamentales de la materia, capaces de generar estructuras que

integren nuevos conocimientos y de gran aplicabilidad en distintos campos. Pero no es suficiente la importancia de los contenidos científicos para seleccionarlos; es necesario, además, que sean relevantes para el alumnado (es decir, tener en cuenta lo que el alumno «ya sabe», despertar sus intereses o crearle otros nuevos, etc.) y que tengan relevancia social (la importancia de sus aplicaciones, por su impacto en la sociedad y el medio ambiente).

A continuación hay que distribuir los contenidos. Para ello hay que tener en cuenta que en el Bachillerato LOGSE se dispone de un cuatrimestre en la Física y Química de 1º y de la Física de 2º. Con ello, *continuamos siendo el único país de nuestro entorno en el que la física y la química aparecen como una única asignatura en dicho nivel educativo*. En el diseño inicial del MEC el bachillerato se planteó con una parte común (Lengua, Idioma, Historia, Filosofía, etc.) que ocupase sólo un 25 ó 30 % del tiempo disponible, con lo cual en 1º se propuso la introducción de 4 asignaturas específicas: Matemáticas, Física, Química y Biología. En 2º volvían a aparecer estas 4 junto con Geología y Dibujo Técnico. Pero el incremento de la parte común supuso nuevamente el retorno de la asignatura de Física y Química.

Por ello, en el cuatrimestre de 1º es necesario incluir los conceptos más generales e integradores (Hernández y Solbes 1992):

- Empezar con la primera de las ciencias en el sentido moderno, la mecánica (cinemática, dinámica y trabajo y energía), mostrando su ruptura con la física del «sentido común» (o aristotélica o pregalileana, según autores).
- Mostrar la potencialidad del método científico para extenderse a otros dominios como el calor, la electricidad o la química.

En 2º curso se puede proseguir (Solbes 1993):

- Completando el cuerpo teórico de la mecánica con la gravitación universal, que unificó fenómenos terrestres y celestes, y con el estudio de las vibraciones y ondas acústicas, en muelles, cuerdas, etc.
- Abordando el estudio de la óptica como un dominio inicialmente autónomo, mostrando las controversias sobre la naturaleza de la luz.
- Realizando un estudio sobre los campos eléctricos y magnéticos estáticos y de las fuerzas que aparecen sobre cargas o corrientes en su seno, pasando a estudiar lo que sucede cuando dichos campos dependen del tiempo: inducción, ondas electromagnéti-

cas e integración de la óptica en el electromagnetismo.

- Mostrando, por último, como este gran marco teórico, la física clásica, no pudo explicar una serie de fenómenos y esto originó el surgimiento de la física moderna.

Aunque algunos opinen lo contrario, consideramos que hay una serie de razones que justifican la inclusión de algunos conceptos básicos de física moderna en el nuevo bachillerato (Gil y Solbes 1993). Entre ellas podemos mencionar las siguientes:

- la física moderna contribuye a dar una imagen más correcta del desarrollo de la física, dado que es un claro ejemplo de cambio conceptual
- la creciente importancia de sus aplicaciones en nuestra sociedad (como la electrónica o la física nuclear)
- el interés manifiesto de los alumnos no sólo por dichas aplicaciones, sino también por aspectos más teóricos
- la física moderna puede producir una mayor comprensión de la física clásica al mostrar sus límites de validez y las diferencias entre ambos paradigmas.

#### 4.3. Los métodos de enseñanza y evaluación

Las ideas centrales del nuevo modelo de enseñanza aprendizaje de las ciencias han sido resumidas por Resnick (1983):

- Quienes aprenden construyen activamente significados. No reproducen simplemente lo que leen o lo que se les enseña.
- Comprender algo supone establecer relaciones. Los fragmentos de información aislados son olvidados.
- Todo aprendizaje depende de conocimientos previos.

Por ello, es conveniente que cada tema, desde la introducción de conceptos a la discusión de las aplicaciones sociales, pasando por la resolución de problemas o el trabajo experimental, se convierta en un conjunto de actividades, debidamente organizadas, a realizar por los alumnos (que pueden estar estructurados en pequeños grupos), bajo la dirección del profesor (Seminario de Física y Química 1988).

Estas actividades problemáticas deben permitir a los alumnos exponer sus ideas previas, elaborar y afianzar conocimientos, explorar alternativas, familiarizarse con la metodología científica, etc., superando la mera asimilación de conocimientos ya elaborados. El propósito de las actividades es evitar la tendencia espontánea a centrar el trabajo en clase en el discurso ordenado del

profesor y en la asimilación de éste por los alumnos. Aunque no excluye las intervenciones del profesor o la lectura de textos (para extraer las ideas clave, comentar, etc.), lo esencial es primar la actividad de los alumnos, sin la cual no se produce aprendizaje significativo.

Por último, queremos señalar que las innovaciones en los contenidos, en el método de enseñanza, etc., perderán gran parte de su efectividad si no se reflejan en la evaluación, dado que ésta es la forma más clara de mostrar a que se da importancia y tiene enorme influencia en conformar la actividad de profesores y alumnos. Diversos estudios han puesto de manifiesto que muchas pruebas se limitan a medir el aprendizaje repetitivo a corto plazo, con énfasis en ejercicios o problemas de aplicación (directivos, con datos y condiciones dadas), en cuestiones de teoría memorísticas, en ejercicios de manejo operativo, etc. (Alonso, Gil y Martínez 1992).

Para conseguir una medida más adecuada del aprendizaje significativo, las pruebas deberían incluir:

- actividades de introducción de conceptos, utilización adecuada de los mismos en situaciones concretas, situaciones de cambio conceptual, delimitación de su campo de validez, interpretación de constantes y magnitudes, de analogías y diferencias, de síntesis, etc.
- actividades con énfasis en aspectos metodológicos; dada la dificultad de evaluar una pequeña investigación en una prueba escrita, es conveniente plantear actividades en las que se utilice sólo alguno de los procedimientos, por ejemplo, la formulación de hipótesis, la propuesta de diseños experimentales, análisis cualitativo de resultados (tablas, gráficas, ecuaciones), etc.
- actividades en las que surjan aspectos de las relaciones CTS, etc.

Por otra parte, para impulsar a los alumnos a un aprendizaje significativo es necesario que reconozcan y valoren sus avances, es decir, que tengan información comprensible y clara sobre lo que han aprendido y lo que no.

#### 5. PROBLEMAS PENDIENTES

Pero aunque una vez asignado el tiempo disponible para la Física en el Bachillerato LOGSE, se tenga que hacer lo posible para superar los problemas de enseñanza y aprendizaje de la Física mencionados al comienzo de este trabajo, es necesario no olvi-

dar que existen una serie de problemas en la enseñanza de las ciencias:

1. El punto de partida, es decir, la situación de las ciencias en la enseñanza secundaria obligatoria (ESO). El MEC ha optado (BOE 26 Junio 94) por un área de Ciencias para la ESO y que estas sean optativas en 4º curso, en el que se obliga a que sus contenidos abarquen temas tan dispares como movimiento, fuerzas, energía, evolución, tectónica de placas y ecosistemas. Dado que 1º y 2º de ESO se van a impartir mayoritariamente en los actuales centros de EGB y 3º y 4º en los institutos de bachillerato y formación profesional, esto obliga al profesorado de estos centros a organizar las ciencias de 3º y 4º en cuatrimestres de Física y Química y de Biología y Geología o a impartir el curso completo de ciencias. La primera opción es mala por los problemas que conlleva: cuando un alumno empieza a adaptarse al profesor tiene que cambiar; se duplica el número de alumnos que el profesor tiene que atender, con lo que disminuye la atención a cada uno; se complica la organización del centro; etc. Pero la 2ª es peor (especialmente cuando es impuesta por las necesidades de personal del centro) porque ignora el perfil del profesorado (licenciados en física, química, biología, etc., titulaciones que abarcan una cuarta parte de los contenidos del área de ciencias y que accedían a su condición de profesor con una oposición que comprendía alrededor de la mitad de dichos contenidos) y le obliga a impartir materias que desconoce. Esto se podría haber solucionado ofreciendo una enseñanza de ciencias en 1º y 2º de ESO (12-14 años), pero en el segundo ciclo (14-16) debería haber una primera separación en 2 asignaturas obligatorias, Biología y Geología un año y Física y Química en otro. Eventualmente, esta última podría ofrecerse en dos niveles de contenidos, como las matemáticas (Bernabeu, Navarro y Solbes 1992).
2. Por otra parte, a una ESO comprensiva y generalista debería corresponder un Bachillerato en el que las materias específicas tuvieran un peso mayor, como sucede en el sistema educativo de Inglaterra y Gales que parece haber actuado como fuente de inspiración del sistema de la LOGSE. Esto se podría solucionar reduciendo un poco el horario de las materias comunes (Lengua y literatura,

Idioma, Historia, Filosofía, etc., que ocupan entre el 40 y el 45% del tiempo disponible, según se tenga o no lengua propia en la comunidad autónoma). Esto permitiría introducir 4 materias específicas en 1º, como en la propuesta inicial del MEC antes mencionada, y se podría así separar la Física y la Química en 1º de Bachillerato, normalizando su situación respecto a los países de nuestro entorno.

3. Por último, se han producido en este país dos reformas, la universitaria y la del sistema educativo no universitario que, prácticamente, se han hecho de espaldas la una a la otra, pese a estar gestionadas por el mismo MEC. Como botón de muestra señalar la gran contradicción existente entre el polivalente profesor de ciencias que quiere imponer el MEC en la ESO (en las futuras oposiciones de Física y Química aparecen temas de Biología y Geología y viceversa) y los nuevos planes de estudio universitarios, cuya tendencia es hacia una mayor especialización. En la licenciatura de Química, por ejemplo, cuyos titulados constituyen el mayor número de profesores de Física y Química, ha disminuido notablemente la formación que reciben en Física. Tampoco aparecen en las licenciaturas científicas optativas de didáctica de las ciencias y un largo etcétera. En resumen, el MEC está apartándose de los países de nuestro entorno con su idea (?) de un profesor policientífico y los planes de estudio universitarios se han olvidado de la peculiar formación que requieren los futuros profesores de Física y Química, es decir, no contemplan la docencia no universitaria como una opción específica (Solbes, Navarro y Nebot, 1992).

Estos problemas continúan siendo «asignaturas pendientes» de la enseñanza de las ciencias y, en particular, de la física en nuestro país. Pero hay otros que se pueden ir resolviendo a corto plazo y que pueden contribuir a mejorar la enseñanza de la Física:

4. En la Física de la LOGSE aparecen temas como Óptica, Electromagnetismo, Física moderna, o temas transversales como las interacciones CTS,

que antes no aparecían (o, aunque apareciesen, no se impartían). Por ello, es conveniente realizar cursos de actualización científica y didáctica en Física para el profesorado en activo. Esta iniciativa ha empezado a ser desarrollada por algunos CEPs (Centros de Profesores) e ICEs de las Universidades.

5. Los programas del Bachillerato LOGSE dependen de las Administraciones educativas (lo cual parece conveniente para evitar los cambios de programa debidos a cambios de coordinador), pero las pruebas de acceso serán elaboradas, con toda seguridad, por el profesorado universitario. Es necesario, pues, establecer mecanismos de coordinación entre el profesorado que imparte la Física en el Bachillerato y el que pone las pruebas. Por último, si queremos que dichas pruebas, cuya importancia para configurar la enseñanza es incluso excesiva, contribuyan a mejorar dicha enseñanza, parece conveniente que incluyan, como ya hemos señalado, algunas cuestiones sobre aspectos conceptuales, metodológicos (basadas en algunas prácticas sencillas que se puedan realizar en cualquier instituto), de aplicaciones técnicas de la Física, etc.

## REFERENCIAS

- ASOCIACIÓN DE PERSONAL INVESTIGADOR DEL CSIC (1992): "El despegue de la ciencia en España: realidad o quimera", *Mundo científico*, nº 124, vol. 12, pp. 408-417.
- ALONSO M., GIL D. y MARTÍNEZ, J. (1992): "Los exámenes de Física en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación", *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), pág. 127-139.
- BERNABEU J., NAVARRO J. y SOLBES J.: "La enseñanza de las ciencias, en crisis", *El País*, Suplemento Educación, 26 de mayo, pág. 2.
- DRIVER R., GUESNE E. y TIBERGHEN A. (1989): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Morata/MEC: Madrid.
- EDITORIAL (1991): "La profesión del físico", *Revista Española de Física*, 5 (3), pág. 3.
- FEYNMAN R. P. et al. (1971): *Física*. Fondo Educativo Interamericano: Panamá.
- FEYNMAN R. P. (1985): *¿Está Ud. de broma, Sr. Feynman?* Alianza: Madrid.
- FERNÁNDEZ-RANAÑA A. et al. (1993): *Física básica 1*. Alianza: Madrid.
- GIL D. y PAYA J. (1988): "Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica", *Revista de Enseñanza de la Física*, 2 (2), pág. 73-79.
- GIL D., MARTÍNEZ J. y SENENT F. (1988): "El fracaso en la resolución de los problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos", *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pág. 131-147.
- GIL D. y SOLBES J. (1993): "The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science", *International Journal of Science Education*, 15 (3), pp. 255-260.
- HERNÁNDEZ J. y SOLBES J. (1992): *Física y Química*. MEC: Madrid.
- HIERREZUELO J. y MONTERO A. (1989): *La ciencia de los alumnos*. Laia/MEC: Barcelona.
- NOVACK (1982): *Teoría y práctica de la educación*. Alianza: Madrid.
- MATTHEWS MR. (1991): "Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias", *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, pp. 141-145.
- POPE M. y GILBERT J. (1983): "Personal experience and the construction of knowledge of science", *Science Education*, 67, pp. 193-203.
- RESNICK L. B. (1983): "Mathematics and Science Learning: a new conception", *Science*, 220, pp. 477-478.
- SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA (1988): *La construcción de las ciencias físico químicas*. NAU: Valencia.
- SOLBES J. (1993): *Física*. MEC: Madrid.
- SOLBES J., NAVARRO J. y NEBOT J. (1992): "Los profesores de física y química y su formación", *El País*, Suplemento Educación, 10 de noviembre, pág. 2.
- SOLBES J. y VILCHES A. (1989): "Interacciones Ciencia, Técnica y Sociedad", *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), pp. 14-20.
- SOLBES J. y VILCHES A. (1992): "El modelo constructivista y las relaciones Ciencia, Técnica y Sociedad", *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), pp. 181-186.
- YAGER R. E. y PENICK J. E. (1986): "Perceptions of our age groups toward science classes, teachers and the values of science", *Science Educations*, 70 (4), pp. 335-363.

**Jordi Solbes**  
 está en el Programa de Innovación y  
 Reforma y E.U. Informática,  
 Universidad Politécnica, Valencia  
**Ángela Calvo**  
 es Coordinadora de Física de COU,  
 Facultad de Física, Salamanca  
**Francisco Pomer**  
 es Coordinador de Física de CPU,  
 Facultad de Física, Valencia