

LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EN LA FORMACIÓN INICIAL DEL PROFESORADO: UNA ORIENTACIÓN Y UN PROGRAMA TEÓRICAMENTE FUNDAMENTADOS

FURIÓ MAS, C.J. y GIL PÉREZ, D.
Universitat de València.

SUMMARY

A theoretical foundation of the orientation to be given to the subjects on science/teaching at the initial teacher training stage is attempted. The most recent developments in this field are taken into account.

INTRODUCCIÓN

La Didáctica de las Ciencias comienza, sólo muy recientemente, a contemplarse como cuerpo específico de conocimientos (Tiberghien 1985) y, por tanto, como dominio de investigación y docencia. No es, pues, de extrañar que en nuestro país existan fuertes discrepancias en torno a cuáles deben ser las orientaciones y los contenidos —o, si se prefiere, “el programa”— de asignaturas impartidas en las Escuelas Universitarias de Magisterio como son la “Didáctica de la Física” (o de la Biología y Geología) o simplemente la “Didáctica de las Ciencias Experimentales”.

En este trabajo intentaremos fundamentar teóricamente la orientación a dar a estas asignaturas de Didáctica de las Ciencias, teniendo para ello en cuenta los más recientes desarrollos en este campo. No pretendemos con ello, por supuesto, “fijar un programa”—lo que iría en contra del carácter necesariamente abierto y estrechamente ligado a la investigación que han de tener unas enseñanzas universitarias—, pero sí salir al paso de algunos graves errores constatados en el planteamiento docente de esta materia. Aunque nuestra reflexión se centrará en las asignaturas impartidas en la especialidad de Ciencias de las Escuelas de Magisterio, consideramos que un estudio de estas características tiene un interés más general en un momento en que comienza a plantearse la necesidad de una auténtica formación docente del profesorado de enseñanza secundaria, limitada hoy a ese simulacro de formación que constituye el CAP (Certificado de Aptitud Pedagógica).

1. FORMACIÓN DEL PROFESORADO: DOS ORIENTACIONES INADECUADAS

La orientación a dar a una asignatura de Didáctica de las Ciencias —o de cualquiera de las didácticas especiales incluidas, como, por ejemplo, la Didáctica de la Física— debe plantearse desde una consideración general de las enseñanzas de las Ciencias que se imparte en las Escuelas de Magisterio.

Esta enseñanza se debate hoy entre dos tendencias, en nuestra opinión, igualmente erróneas: una orientación centrada en la transmisión de conocimientos científicos (semejante a la que se realiza en unos primeros cursos de Facultad) y otra que pone el acento en una preparación psico-pedagógica general con olvido casi total de los contenidos específicos. A continuación analizaremos críticamente ambas tendencias.

1.1. ¿Una enseñanza centrada en los contenidos?

Desde la conversión de las Escuelas de Magisterio en Escuelas Universitarias, la enseñanza de las ciencias ha estado dirigida, en general, a desarrollar cursos de “nivel universitario”, entendiéndose por tal, como señala Aizpun (1980), el hecho de que “se insista sobre todo en la transmisión de contenidos científicos” y en que “aquellos conocimientos científicos se imparten del mismo modo, con la misma profundidad o superficialidad y desde el mismo punto de vista que en cualquier

otro centro", haciendo abstracción de que se trata de preparar a futuros maestros.

Es una orientación docente concebida como primer ciclo universitario, susceptible de permitir el paso de los alumnos a los últimos cursos de una facultad de ciencias. Sin embargo, si dicho paso es frecuente y no plantea, quizás, excesivos problemas en algunas especialidades, son muy escasos los alumnos que intentan seguir una licenciatura de Ciencias tras finalizar los estudios de Magisterio, y la mayoría de los que lo hacen han de abandonar ante las dificultades que se les presenta, dada la deficiente preparación adquirida, sin que sean tampoco mínimamente efectivos los cursos de adaptación organizados para favorecer dicho paso. Un resultado tan negativo es perfectamente lógico si se tiene en cuenta que el tiempo real dedicado a la especialidad de Ciencias a lo largo de los tres años de estudios en una Escuela de Magisterio equivale a menos de un curso académico en una Facultad de Ciencias y que, además, esta "especialización" se extiende a las Matemáticas, la Física, la Química, la Biología y la Geología (!). Lo más grave, sin embargo, son las repercusiones de esta orientación cara a quienes han de ejercer la docencia en la EGB, es decir, la inmensa mayoría.

En primer lugar, y con objeto de cubrir mínimamente los contenidos de un primer ciclo, se elaboran temarios que dan por supuesto el dominio por los estudiantes de los contenidos que han sido estudiados en el Bachillerato. Así, es frecuente ver temarios de Física que no incluyen Mecánica mientras tratan *in extenso* la corriente alterna. Con ello se abandona el tratamiento de conceptos básicos que el maestro habrá de introducir. Podría quizás pensarse que, efectivamente, la preparación recibida en BUP y COU es suficiente. Sin embargo, no resulta difícil constatar hasta qué punto la visión que los estudiantes de Magisterio tienen de la Mecánica —por citar de nuevo un dominio que está en el origen del desarrollo científico— está plagada de graves errores conceptuales, típicos de una experiencia precientífica.

Pero incluso aquellos conceptos que se abordan en estos estudios de formación del profesorado son introducidos de manera superficial y abstracta, mediante una enseñanza puramente expositiva que no se detiene en conectar con las estructuras conceptuales de los alumnos. Coherentemente con ello, los trabajos prácticos se reducen a manipulaciones siguiendo verdaderas recetas que en nada familiarizan con la metodología científica. Y la preparación didáctica en un aspecto tan clave— al menos en lo que respecta al ciclo superior— como es la resolución de problemas elementales, es prácticamente inexistente.

Por último conviene insistir en los datos recogidos por Gimeno Sacristán (1980) sobre los métodos de enseñanza empleados, en general, en las Escuelas Normales, que muestran cómo la clase expositiva es el método predominante, o, mejor dicho, casi exclusivo, con lo que tenemos un panorama global del contexto en el que, generalmente, se mueve la preparación profesional que actualmente recibe el futuro maestro para desempeñar su tarea de profesor del área de Ciencias.

1.2. ¿Una enseñanza que ignore los contenidos?

El panorama que acabamos de presentar permite comprender que las conclusiones del Seminario realizado en Segovia en 1980 sobre "Identidad de las Escuelas Universitarias de Magisterio y Reforma de sus Enseñanzas" fueran absolutamente críticas y apuntaran a una radical transformación del currículo y metodología de enseñanza de las Escuelas Normales. Ahora bien, algunas de las propuestas avanzadas para solucionar los problemas actuales han ido a menudo en una dirección igualmente errónea como se constata en sendos documentos presentados en mayo de 1981 por la Dirección General de Ordenación Académica y Profesorado: "Nueva Orientación de las Escuelas de Profesorado" y un "Esquema del Plan de Estudios".

El primer documento viene a recoger, lo que sin duda es positivo, las conclusiones del ya citado Seminario de Segovia:

- Acentuación del carácter profesional del Plan de estudios, orientándolo más decididamente hacia los conocimientos y capacidades que deben utilizar los maestros en el ejercicio de su profesión.
- Facilitar el desarrollo de actividades de investigación educativa sobre aspectos que contribuyan a mejorar la formación de los profesores de EGB.
- Participación de las Escuelas en las actividades de actualización y en el perfeccionamiento del profesorado de EGB.

El esquema de plan de estudios teóricamente derivado de dichas orientaciones incide, sin embargo, en un error muy grave: el mayor grado de profesionalización es entendido como una drástica reducción del tiempo destinado a las materias de especialidad científica y ampliación del destinado a una preparación psicopedagógica "general". De este modo, el indudable error que suponía una enseñanza centrada en los contenidos daría paso a un serio descuido de los mismos en aras, nos tememos, de un pedagogismo abstracto. Conviene recordar a este respecto las críticas del profesorado en activo y en formación recogidas por Gimeno (1980) en lo que se refiere a la formación pedagógica poco operativa que recibieron en las Escuelas de Magisterio: "Desde el punto de vista de los profesores en formación hay que considerar el siguiente hecho: las materias de orden pedagógico no destacan de las demás en cuanto a los métodos que practican sus profesores, dato que corroboran los profesores en ejercicio". Más aún: "Solamente el seis por ciento dijo haber visto relación de los conocimientos pedagógicos aprendidos con la práctica que vivieron".

Estos resultados ponen en cuestión el valor de unas propuestas pedagógicas presentadas en abstracto y, con frecuencia, siguiendo metodologías que contradicen los principios que se trata de transmitir. Como hemos visto, los futuros maestros y los ya en activo rechazan tanto una enseñanza centrada en los contenidos, que ignora las cuestiones didácticas relativas a los mismos, como una enseñanza marcada por la infravaloración de los contenidos.

Como señala un informe de la Escuela Universitaria de Oviedo presentado en el mencionado Seminario de Segovia, "El esquema parece suponer que (dejando aparte las disciplinas psicopedagógicas), excepto en las especialidades de Idiomas y en las materias de nueva implantación, bastan a los futuros maestros los conocimientos adquiridos en el BUP y en el COU". Y se añade: "Ahora bien, este es un supuesto enteramente falto de realismo". En efecto, ya hemos hecho referencia, por ejemplo, a la persistencia de graves errores conceptuales que afectan tanto a los alumnos de las Escuelas de Magisterio como al profesorado en activo (Carrascosa y Gil 1985). Si esta orientación de abandono de los contenidos científicos es la que se adopta, como proponía de hecho el "Esquema del Plan de Estudios", se habrá salido de un error para caer en otro tanto o más grave, ya que "ningún método es susceptible de aplicación real en el vacío sin contenido concreto de enseñanza a cuyo aprendizaje óptimo pretende servir" (Fernández 1980).

De llevarse adelante un plan semejante proseguiría e incluso se incrementaría la falta de preparación didáctica para abordar de forma adecuada los conceptos básicos, por ejemplo, de la Física y la Química, para proporcionar los rudimentos de esa metodología científica que se dice querer potenciar, o para lograr que el futuro profesor considere la resolución de problemas como algo más que simples ejercicios de aplicación. Detrás de estas propuestas aparece el error de considerar la formación del futuro maestro especialista en el área de ciencias como simple suma de la preparación "científica" (contenidos) y psicopedagógica, olvidando la especificidad de la didáctica de las ciencias como cuerpo de conocimiento (Tiberghien 1985).

2. POR UNA PREPARACIÓN CIENTÍFICO-DIDÁCTICA EN PROFUNDIDAD: EL LUGAR DE LAS ASIGNATURAS DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

La clarificación de los conceptos fundamentales de cada ciencia, el estudio de las dificultades que encierran y los errores conceptuales asociados, la obtención de actitudes positivas hacia el aprendizaje, etc. exigen una seria preparación científico-didáctica de los futuros maestros. No se trata, repetimos, ni de estudiar Física, Química, Biología o Geología como podría hacerse en unos primeros cursos de Facultad, ni tampoco de centrarse casi exclusivamente en una preparación psicopedagógica general al margen de las materias concretas. Se trataría, en primer lugar, de convertir las asignaturas actuales de Física, Química, Biología o Geología en "Física y su didáctica", "Química y su didáctica", etc. Estas asignaturas suponen ya la ocasión de tratar la problemática didáctica, aunque de forma todavía incidental, con reflexiones ocasionales que no han de romper el hilo conductor de la materia impartida, pero que son una ocasión privilegiada para ver "en acto" la labor de análisis didáctico que el maestro ha de ejercer constantemente. Sin embargo, las disciplinas de Didáctica de

las Ciencias incluidas en el último año de los estudios, no pueden confundirse con este tratamiento incidental de la problemática didáctica realizado en las disciplinas de "contenido científico". ¿Cuál ha de ser pues su orientación?

El análisis realizado hasta aquí permite rechazar de entrada el uso muy habitual que se ha hecho de las asignaturas de didáctica para completar contenidos que no pudieron verse en las de Biología, Física, etc., de acuerdo con la orientación de enseñanza centrada en los contenidos que se da a la especialidad. Igualmente resulta rechazable la utilización -también muy frecuente- de dichas asignaturas para simplemente "asomarse" a los contenidos de EGB (preparación de trabajos prácticos, etc.). En ambos casos, relativamente frecuentes, se dejan de lado los problemas fundamentales de la formación didáctica del futuro profesor de ciencias que la literatura especializada ha puesto de relieve. Ello no puede extrañar si tenemos en cuenta la escasa tradición universitaria de las Escuelas de Magisterio en nuestro país. Digamos solamente, a título de ejemplo, que una prospección realizada en 1981 nos llevó a constatar que la inmensa mayoría del profesorado que impartía didáctica de las ciencias en Escuelas Universitarias de Magisterio, desconocía la existencia de revistas tan esenciales en este campo como *Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Studies in Science Education*, *European Journal of Science Education* (ahora *International Journal of Science Education*), etc. Esto, junto a la carencia de revistas específicas en castellano era un claro índice de la inexistencia de la Didáctica de las Ciencias como verdadera área de conocimientos, pese a que formalmente existieran asignaturas como "Didáctica de la Física y Química" o "Didáctica de las Ciencias Naturales".

Todo lo expuesto no puede convertirse hoy en una justificación para mantener una situación que es una auténtica barrera para el desarrollo de la docencia y la investigación en la didáctica de las ciencias. De hecho, en el momento actual se dan circunstancias favorables para la introducción de profundas y necesarias transformaciones en la orientación de esta asignatura:

- La Ley de Reforma Universitaria ha contemplado, al fin, el Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, y ello ha permitido que se hayan constituido los Departamentos correspondientes.

- La aparición de revistas como *Enseñanza de las Ciencias* ha facilitado el conocimiento de las líneas de trabajo prioritarias en la comunidad internacional, ha dado a conocer las revistas internacionales más relevantes, etc.

- Comienza a romperse el aislamiento del profesor de las Escuelas de Magisterio, organizándose Congresos y Jornadas, publicándose trabajos, etc.

Es posible, pues, y necesario, proceder a replantear la orientación de esta asignatura teniendo en cuenta, por una parte, el cuerpo de conocimientos elaborado por la

comunidad internacional y, por otra, el hecho de que las asignaturas de "Didáctica de las Ciencias" no han de concebirse como el inicio del tratamiento didáctico. Como ya hemos señalado, dicho tratamiento debe haberse ya iniciado en las asignaturas de "Física (y su didáctica)", "Química (y su didáctica)", etc. diseñadas específicamente para futuros profesores de Ciencias en EGB. Pero existe otra importante razón por la cual estas asignaturas no pueden en ningún caso contemplarse como un punto de partida. En efecto, todo futuro profesor ha recibido ya una larga formación inicial indirecta, "ambiental", o a lo largo de sus estudios, consistente en lo que ha visto hacer a sus profesores. Se trata, además, de una formación que tiene un gran peso por su carácter reiterado. Por ello la preparación didáctica de los futuros profesores ha de plantearse como *transformación* de la que ya poseen, aunque a menudo inconscientemente. De poco serviría —de poco sirve— hacer propuestas renovadoras, si éstas no se integran en la estructura conceptual que el futuro profesor ya posee en torno de los problemas docentes. De hecho, muchos profesores, al encontrarse delante de una clase con unos determinados materiales didácticos (libros, etc.) y con un cierto ambiente pedagógico, no han sabido qué hacer de las propuestas y orientaciones didácticas que les habían explicado como buenas, pero desconectadas de todo lo que habían visto hacer (y desconectadas incluso de los que sus propios profesores de didáctica hacían). Como consecuencia, el nuevo profesor acaba muy a menudo retornando a las prácticas docentes usuales y haciendo incluso todo aquello que como alumno había rechazado, si no de una forma fundamentada, al menos intuitiva y vitalmente.

Con objeto de evitar situaciones como las descritas, la orientación que proponemos para la asignatura consiste, en primer lugar, en tener en cuenta tanto la formación ambiental ya adquirida por los futuros maestros como la realidad con la que van a encontrarse (textos, tipo de aulas, etc.) y plantear su preparación como verdadero *cambio didáctico* (Carrascosa, Furió y Gil 1985, Gené y Gil 1987, Hewson y Hewson 1988).

Se trata de que los futuros maestros sean conscientes de que poseen ya una formación docente, adquirida ambiental e inconscientemente, que tiene un gran peso por su carácter reiterado (fruto de los largos años vividos en los centros de enseñanza) y no estar sometida habitualmente a una crítica explícita, apareciendo así como "natural" y no siendo cuestionada. Para conseguir esa toma de conciencia es preciso que el trabajo realizado en las asignaturas de didáctica de las Ciencias suponga un entrenamiento a la *reflexión didáctica explícita* como forma de poner sistemáticamente en cuestión —a través de la reflexión y del trabajo colectivo— aquello que aparece como natural y, por tanto, inmodificable, haciendo ver que existen otras posibilidades y favoreciendo planteamientos críticos y creativos. Conviene subrayar que, lógicamente, no se pretende la sustitución de una práctica docente determinada —por muy "tradicional" e ineficaz que ésta pueda ser— por otra, aunque sea una orientación plena de virtualidades. Eso daría a la asignatura el carácter de adoctrinamiento. Por el contrario, insistimos de nuevo, se trata de habituar a

cuestionar aquello que se suele tomar como práctica docente de "sentido común" y, por consiguiente, es aceptada de forma acrítica sin plantearse otras posibilidades.

La evaluación y transformación de esta preparación docente interiorizada vivencialmente no puede hacerse, como es lógico, partiendo de simples opiniones o referencias al sentido común: habrá que tener en cuenta lo que la investigación didáctica está mostrando y, en particular, las líneas de trabajo consideradas hoy como prioritarias (Welch 1985, Lawson et al. 1986, Linn 1987) y los análisis sobre la excelencia de aquellas prácticas docentes de Ciencias más aceptadas por los escolares y más valoradas por el propio profesorado (Penick y Yager 1986). Será preciso, pues, asociar el trabajo de la asignatura a una iniciación de los futuros profesores a la investigación didáctica: como "consumidores", en primer lugar, pero favoreciendo también su implicación, en una u otra medida, en las tareas de investigación (Butzow y Gabel 1986). Una investigación, por supuesto, muy próxima al trabajo de la clase; una investigación-acción que oriente el trabajo de preparación y conducción de las clases y permita superar aquella práctica docente ambiental asumida acríticamente.

De este modo se puede asociar íntimamente el desarrollo de estas asignaturas a unas prácticas docentes de los futuros maestros que no se limiten a los períodos de asistencia a los centros. Por el contrario, las asignaturas de Didáctica de las Ciencias han de contemplar la práctica de tareas esenciales como el análisis crítico de los materiales didácticos, la preparación colectiva de nuevos materiales coherentes con los supuestos didácticos establecidos, las prácticas de microenseñanza, etc. Pero, en concreto, ¿qué contenidos dar según esta orientación a las disciplinas de Didáctica de las Ciencias?

3. LOS CONTENIDOS DE LAS ASIGNATURAS DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Aceptar la existencia de las asignaturas de Didáctica de las Ciencias —y del Área de conocimientos que lleva dicho nombre— presupone la *aceptación de unos contenidos específicos* que no deben quedar subsumidos como una mera yuxtaposición del tratamiento de los conocimientos científicos y de una preparación psicopedagógica general. Conviene insistir en ello porque en nuestro país siguen presentándose temarios de Didáctica de las Ciencias —tanto en las Escuelas de Magisterio como en los cursos del CAP— cuyo desarrollo consiste, simplemente, en tratar un temario "científico" (Biología, Física...) al nivel de los alumnos que los futuros profesores tendrán. Los "contenidos" de las asignaturas de Didáctica vienen así a coincidir en gran medida con los temarios que los futuros maestros habrán de enseñar, acompañados de algunas consideraciones acerca de los "objetivos" (siguiendo taxonomías inductivistas tiempo ha abandonadas por la comunidad científica),

descripciones de los laboratorios escolares, etc. Tales "contenidos" no justifican, por supuesto, la existencia de disciplinas de Didáctica de las Ciencias y, menos aún, la de un Área específica de conocimientos. No es, pues, de extrañar que muchos profesores y profesoras de las Escuelas de Magisterio hayan elegido adscribirse a otras Áreas "más científicas" y con mayor consideración en la comunidad universitaria. Todo ello tiene mucho que ver con el profundo desconocimiento existente en nuestro país sobre el desarrollo de este campo de conocimientos e investigación al que ya hemos hecho referencia (Furió y Martínez Terrades 1987). Porque la Didáctica de las Ciencias "existe" y cuenta ya con una cierta tradición, al menos por lo que se refiere al mundo anglosajón: recuérdese por ejemplo que la revista *Science Education* se publica desde 1917. A lo largo de este tiempo, y muy particularmente en las últimas dos décadas, ha ido precisándose la problemática específica y, lo que sin duda es más importante, los conocimientos construidos han ido trabándose en cuerpos coherentes, en visiones teóricas. Como es lógico, los contenidos de una asignatura de Didáctica de las Ciencias han de centrarse en esa problemática específica que, por supuesto, queda reflejada en las líneas prioritarias de investigación en este dominio (Yager y Khale 1982, Welch 1985, Linn 1987). Cualquiera que se haya asomado mínimamente a esa investigación o conozca los programas de formación del profesorado de Ciencias en las universidades con mayor tradición, sabe que existen una serie de temas que han de formar parte necesariamente del programa a desarrollar en una asignatura de Didáctica de las Ciencias. No podemos aquí exponer con la extensión debida cuáles pueden ser estos temas, el porqué de su necesaria inclusión y la forma de abordarlos para mostrar su integración en el cuerpo coherente de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias: ello supondría desarrollar *in extenso* un proyecto docente de la asignatura (Gil 1988, Furió 1989). Nos limitaremos, pues, a numerar brevemente cuáles pueden ser los principales temas básicos a abordar o, dicho de otro modo, cuál es la problemática de la enseñanza/aprendizaje de las Ciencias a tratar.

Podemos así referirnos, en primer lugar, al estudio de la construcción y el aprendizaje de conceptos: papel de las concepciones previas de los alumnos en el proceso de aprendizaje de las demás. Desde los trabajos de Viennot (1976) esta línea de investigación se ha desarrollado en numerosos frentes —desde el estudio de graves y persistentes errores conceptuales, al establecimiento de los "esquemas conceptuales alternativos" de los alumnos (Driver 1986) y se ha convertido, quizás, en el más potente instrumento de crítica de la enseñanza habitual, estando en la base de las propuestas de renovación docente consideradas más fructíferas en torno a la idea de aprendizaje como cambio conceptual (Posner et al. 1982, Osborne y Wittrock 1985, Driver y Oldham 1986).

Se trata, además, de una problemática que puede y debe dar paso al tratamiento de las preconcepciones del propio profesorado, tanto en lo que se refiere a los temas científicos (Carrascosa y Gil 1985) como, sobre todo, en lo que se refiere a cómo se ha de enseñar

(Bromme 1984, Hewson y Hewson 1987). De hecho para muchos autores éste constituiría, por su relevancia teórica y práctica el capítulo fundamental a abordar en la formación inicial o permanente del profesorado de Ciencias (Hewson y Hewson 1988).

Un segundo problema cuyo tratamiento es considerado esencial tanto en la investigación didáctica como en la formación del profesorado es el de la familiarización de los alumnos (y, en primer lugar, de los futuros profesores) con las características del trabajo científico. Se trata de un amplio capítulo que ha de incluir desde la consideración de los objetivos atribuidos al trabajo experimental (Dewey 1945, Swain 1988) a la revisión de los errores epistemológicos asociados al llamado aprendizaje por descubrimiento autónomo, incidental e inductivo (Ausubel 1978, Gil 1983, Hodson 1985, Millar y Driver 1987).

Es preciso, sobre todo, llevar a los futuros maestros a romper con visiones simplistas del trabajo científico, muy generalizadas, en las que faltan absolutamente aspectos clave como la emisión de hipótesis o el diseño de experimentos (Enyeart, Baker y Vaugarlingen 1980, Gil 1987).

Esta reflexión epistemológica es necesaria no sólo para favorecer una orientación más creativa de los trabajos prácticos sino para hacer ver el profundo cambio epistemológico y metodológico asociado al surgimiento de la ciencia moderna y al aprendizaje de los conocimientos científicos. El tema de las preconcepciones de sentido común y del "cambio conceptual" converge así con el de la familiarización con la metodología científica y el "cambio metodológico" (Gil y Carrascosa 1985, Hashweh 1986).

Un tercer tema considerado, generalmente, como fundamental es el de la Resolución de problemas, y aunque inicialmente aparece como una cuestión autónoma, ligada a la "aplicación de los conocimientos teóricos", una abundante investigación (Garref 1986) ha mostrado la posibilidad —o, mejor, la necesidad— de relacionarla con las características del trabajo científico (Gil, Dumas-Carré, Caillot, Martínez-Torregrosa y Ramírez 1988) pasando de los simples ejercicios a la idea de problema como punto de partida para la construcción de conocimientos. De este modo se puede contribuir a superar la asociación reduccionista de la metodología científica con los trabajos prácticos que evidencia el peso de visiones empiristas muy extendidas entre el profesorado.

Es preciso también tratar con la máxima atención la cuestión de las actitudes hacia la Ciencia y su aprendizaje, posiblemente el problema más grave que tiene hoy planteado la enseñanza de las Ciencias (Yager y Penick 1986), incluyendo el estudio de las diferencias de actitud entre alumnos y alumnas y sus causas (Spear 1984).

La atención al problema de las actitudes puede, a su vez, relacionarse con otros desarrollos considerados hoy entre los potencialmente más fructíferos (Welch 1985), como el de las relaciones enseñanza de las Ciencias/medio —incluyendo los planteamientos Ciencia-Técni-

ca-Sociedad y una reflexión sobre las razones para la introducción del aprendizaje de las Ciencias en una formación general—, el del *clima del centro y del aula*, el de las *formas de trabajo de los/as alumnos/as* —más allá de las más obvias centradas en “prestar atención” y “realizar los ejercicios” propuestos— o el tema fundamental de los *roles del profesor/a*. Se trata, claro está, de cuestiones que no son exclusivas de la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias, pero que están siendo abordadas hoy desde la especificidad de la Didáctica de las Ciencias (Furió y Gil 1978, Welch 1985, Penick y Yager 1986, Gil y Martínez-Torregrosa 1987).

Todo el trabajo precedente permite ahora plantearse con la debida fundamentación la cuestión de los contenidos a enseñar, es decir, el estudio de los *criterios para el establecimiento de un currículo* (McDonald 1975, Tall 1981, La Pensée 1981, Carrascosa, Furió y Gil 1984), así como el papel de la *evaluación como instrumento esencial de mejora del proceso de enseñanza/aprendizaje* (Novak 1982, Satterly y Swann 1988). Conviene insistir una vez más en la necesidad de evitar tratamientos puntuales desligados y de, por el contrario, mostrar que la Didáctica de las Ciencias constituye hoy un cuerpo de conocimientos. Este esfuerzo de fundamentación teórica ha de culminar, a modo de recapitulación de los diferentes problemas abordados, en un tratamiento explícito de los *diferentes paradigmas de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias hoy vigentes* (Peterson 1979, Gil 1983).

No hemos incluido en la relación anterior de temas ninguno destinado al tratamiento de los objetivos de la enseñanza de las Ciencias. Sin embargo y aunque hacemos nuestro el rechazo de una “enseñanza por objetivos” basada en taxonomías muy operativizadas que responden a concepciones conductistas hoy justamente en descrédito, consideramos que es necesario incluir una reflexión explícita sobre los objetivos generales que se pueden perseguir en esta disciplina. Más aún, damos a esta reflexión el papel fundamental de conducir al establecimiento de un hilo conductor para el desarrollo de la signatura. En efecto, señalar los grandes objetivos a perseguir en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias es equivalente a explicitar la problemática a tratar en una asignatura de Didáctica de las Ciencias (por citar un ejemplo, “generar actitudes positivas” supone el tratamiento del “problema de las actitudes hacia la Ciencias y su aprendizaje). Por nuestra parte hemos encontrando más fructífero un planteamiento inicial consistente en pedir a los profesores en formación que *“realicen un análisis crítico de la experiencia acumulada sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias —a partir de sus prácticas docentes y, sobre todo, a partir de su larga experiencia como alumnos— para explicitar los aspectos que consideran necesario contemplar en un correcto planteamiento de la enseñanza”*.

Con esta propuesta utilizada reiteradamente en los cursos de Didáctica de las Ciencias (Gil 1988, Furió 1989) —tanto en Escuelas de Magisterio, como en los cursos del CAP e incluso en programas de formación perma-

nente— hemos obtenido siempre una relación de problemas que coincide en buena medida con los temas que acabamos de enumerar; es decir, con los temas que constituyen hoy líneas prioritarias de investigación en la Didáctica de las Ciencias y que son objeto de atención en los programas impartidos en las universidades más prestigiosas. Ello permite, repetimos, utilizar esta reflexión inicial para construir un hilo conductor del desarrollo de la asignatura.

En resumen, los temas que consideramos esenciales en una disciplina de Didáctica de las Ciencias serían los siguientes:

1. Necesidad de un hilo conductor asumido por quienes aprenden: su participación en el establecimiento de los objetivos generales.
2. Estudio de la construcción y aprendizaje de los conceptos: papel de las concepciones previas de los alumnos, génesis histórica e individual de los conceptos, etc.
3. Familiarización con las características del trabajo científico. Consideración a este respecto de las prácticas de laboratorio (evitando, sin embargo, la asociación reduccionista “trabajo científico/prácticas de laboratorio”).
4. La resolución de problemas (de los simples ejercicios de aplicación, a la idea de problema como punto de partida para la construcción de conocimientos).
5. Actitudes hacia la ciencia y su aprendizaje (posiblemente el problema más grave que tiene hoy planteado la enseñanza de las ciencias), incluyendo las diferencias de actitud entre alumnos y alumnas y sus causas.
6. El clima del aula y del centro (que, aunque no es una cuestión exclusiva de la enseñanza de las ciencias, está siendo abordada hoy desde la especificidad de la didáctica de las ciencias).
7. Relaciones enseñanza de las ciencias/medio, incluyendo los planteamientos C.T.S. (Ciencia/Técnica/Sociedad) y una reflexión sobre las razones para el aprendizaje de las ciencias en una formación general.
8. La evaluación como instrumento esencial de seguimiento del proceso de aprendizaje y de la mejora de la enseñanza.
9. Los roles del profesor/a en la clase (importancia de sus expectativas, actitudes, etc.) con una atención particular a las concepciones previas, “de sentido común”, del profesorado sobre la enseñanza/aprendizaje de las ciencias, que afectan profundamente al proceso educativo.
10. Criterios para el establecimiento de un currículo.
11. (A título de recapitulación). Diferentes paradigmas (o modelos) de enseñanza/aprendizaje de las ciencias y su fundamentación. Esta recapitulación tendría que ir preparándose desde el mismo comienzo, evitando así

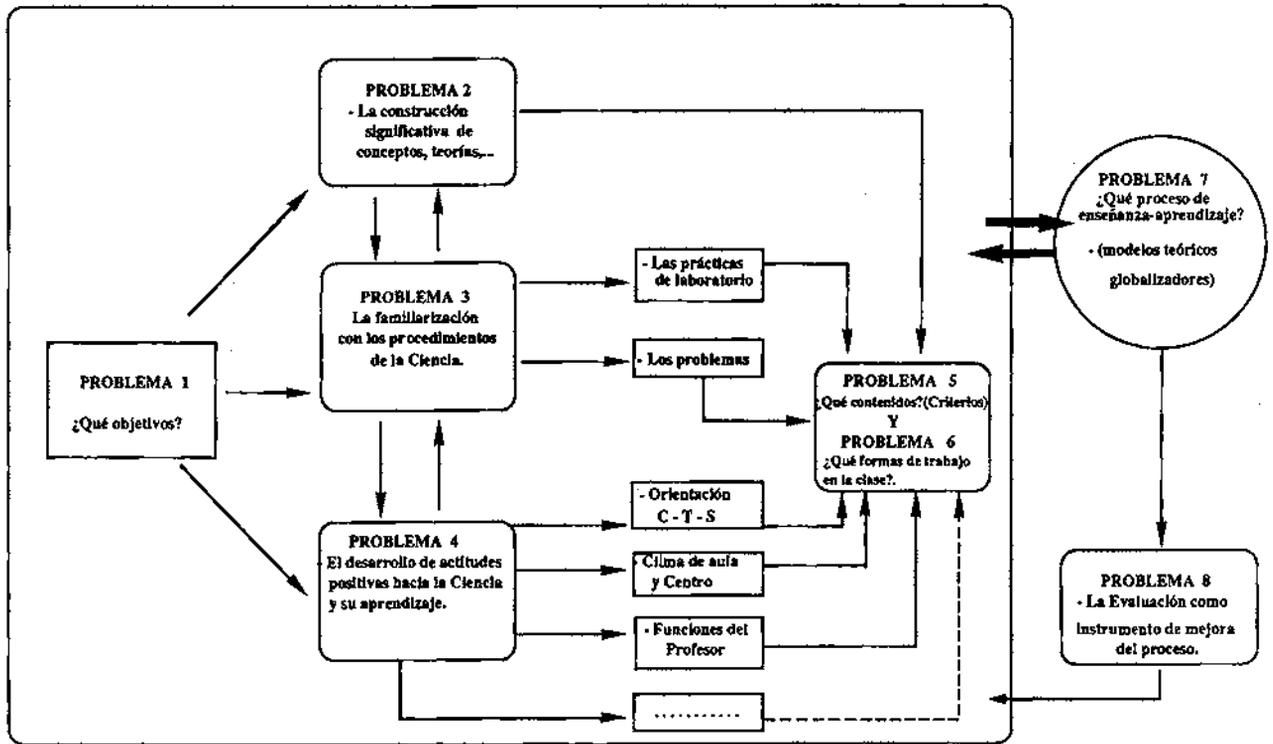
visiones desestructuradas. Conviene para ello, desde el primer momento, comenzar a mostrar la relación existente entre los distintos temas. La figura 1 (tomada de Furió 1989) recoge uno de los posibles "mapas" susceptibles de dar una visión estructurada del conjunto de temas abordados.

Además de los aspectos anteriores, que pueden ser abordados como temas del curso, hay que tener en cuenta otros aspectos esenciales en la formación del profesora-

seguimiento de las prácticas docentes en los centros.

-Aproximación -manejando literatura adecuada- a las líneas prioritarias de investigación didáctica y su perspectivas, así como a los trabajos de innovación -materiales curriculares, etc.- de interés. Conviene plantear una iniciación a la investigación educativa, como requisito para un buen manejo de sus resultados y como favorecedora de una actividad creativa del profesorado. Por último es necesario sentar las bases para su futura

figura 1
La Didáctica de las ciencias a través del tratamiento de problemas de Enseñanza - Aprendizaje



do y que han de aparecer "vivencialmente" y ser discutidos en momentos favorables:

-Formas de trabajo en clase (formación de grupos...).

-Atención a la formación docente "ambiental" del futuro profesor (fruto de su larga experiencia como alumno) y entrenamiento a la reflexión didáctica explícita (capaz de poner en cuestión prácticas docentes contempladas como "naturales").

-Vivencia de propuestas renovadoras.

-Entrenamiento al trabajo docente en equipo (desde el análisis y elaboración de materiales al "team teaching", pasando por las prácticas de microenseñanza) asociando el desarrollo de la asignatura a la preparación y

participación como profesores en activo en los programas de formación permanente. Y ello no sólo debido a las carencias más que evidentes de la formación inicial, sino porque muchos de los problemas que deben tratarse no adquieren sentido hasta que el maestro no se ha enfrentado con ellos en su propia práctica y porque una formación docente realmente efectiva supone la participación continuada en equipos docentes y en tareas de investigación-acción (Stenhouse 1975).

4. CONCLUSIÓN

Hemos intentado mostrar en este trabajo la especificidad de la Didáctica de las Ciencias como campo de conocimientos e investigación y señalar cuáles podrían

ser algunos de los problemas fundamentales a tratar en un temario de la asignatura. Es preciso, sin embargo, tener presente que el temario de cualquier materia universitaria ha de ser siempre algo abierto, íntimamente relacionado con las adquisiciones de la investigación, sobre todo en campos de desarrollo reciente, como es, sin duda, el que aquí nos ocupa. Estamos seguros de que en los próximos años la investigación y docencia de la Didáctica de las Ciencias incluirá nueva problemática al tiempo que se profundiza en su estructuración teórica. Pero ya hoy es posible, como hemos intentado mostrar, atribuir a estas disciplinas unos *verdaderos*

contenidos y no confundirlos —como desgraciadamente sigue haciéndose (1)— con los contenidos de la Física, la Biología, etc.

Insistamos para terminar en que una adecuada orientación de las asignaturas de Didáctica de las Ciencias exige una familiarización del profesorado que las imparte con las aportaciones de la investigación en este campo, así como un buen conocimiento de las tendencias actuales sobre formación del profesorado de Ciencias que se dan en la comunidad internacional (2).

NOTAS

(1) Como índice de la confusión existente en torno a lo que constituyen los contenidos de una asignatura de Didáctica de las Ciencias basta señalar que en unas recientes oposiciones para una plaza de Profesor Titular de Didáctica de la Física, uno de los autores de este trabajo presentó un temario como el aquí resumido, argumentando el Tribunal que “faltaba un auténtico programa” (sic) y que “los problemas tratados constituían trabajos de investigación pero no temas de docencia” (sic). El tribunal estaba constituido, como es preceptivo, por

dos catedráticos y tres titulares del Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

(2) El Consejo de Redacción de *Enseñanza de las Ciencias* está recabando información sobre los programas de formación inicial y permanente impartidos en Universidades de distintos países y los irá publicando en la sección *Formación del Profesorado*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZPUN, A., 1980. La identidad de las Escuelas de Magisterio. Seminario de Segovia organizado por la Dirección General de Ordenación Educativa y del Profesorado del MEC.
- AUSUBEL, D.P., 1978. *Psicología Educativa*. Un punto de vista cognoscitivo. (Trillas: México).
- BROMME, R., 1984. On the limitation of the theory metaphor for the study of teachers expert knowledge, en Haiker y Olson (eds.), *Teacher thinking. A new perspective on persisting problems in education*. (Swet and Zeitlinger: Lisse, N.L.).
- BROMME, R., 1988. Conocimientos profesionales de los profesores, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 6(1), pp. 19-29.
- BUTZOW, J.W. y GABEL, D., 1986. We all should be researchers, *The Science Teacher*, Vol. 53(1), pp. 34-77.
- CARRASCOSA, J. y GIL, D., 1985. La “metodología de la superficialitat” i l’aprenentatge de les ciències, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4(2), pp. 113-120.
- CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y GIL, D., 1984. Criterios básicos para la elaboración de un currículo de Física y Química, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2(2), pp. 103-110.
- CARRASCOSA, J. FURIÓ, C. y GIL, D., 1985. Formation du professorat des sciences et changement méthodologique. Septièmes Journées Internationales sur l’Education Scientifique. Chamoix (Francia), pp. 301-308.
- DEWEY, J., 1945. Methods in Science Teaching, *Science Education*, Vol. 29, pp. 119-123.
- DRIVER, R., 1986. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4(1), pp. 3-15.

- DRIVER, R. y OLDHAM, V., 1986. A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, 13, pp. 105-122.
- ENYEART, BAKER y VANGERLINGEN, 1980. Correlation of inductive and deductive reasoning to college physics achievement, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 17, pp. 263-267.
- FERNÁNDEZ, M., 1980. Bases para un replanteamiento de la función de las Escuelas de Magisterio. Seminario de Segovia.
- FURIÓ, C., 1989. Proyecto docente de Didáctica de la Física. (Documento policopiado).
- FURIÓ, C. y GIL, D., 1978. *El programa-guía: una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y Química*. (ICE de la Universidad de Valencia).
- FURIÓ C. y MARTÍNEZ-TERRADES, F., 1985. Investigación española en Didáctica de las Ciencias Experimentales (Período 1976-1982), *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. extra, pp. 6.
- GARRET, R., 1986. Problem solving and creativity in Science Education, *Studies in Science Education*, 13, pp. 70-95.
- GENÉ A. y GIL, D., 1987. La formación del profesorado como cambio didáctico, *Revista interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 2, pp. 155-159.
- GIL, D., 1983. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1(1), pp. 26-33.
- GIL, D., 1988. Proyecto docente e investigador de Didáctica de la Física y Química. (Documento policopiado).
- GIL, D., DUMAS-CARRÉ, A., CAILLOT, M., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. y RAMÍREZ, L., 1988. La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación, *Investigación en la escuela*, 6, pp. 3-20.
- GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, 1987. Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias, *Investigación en la escuela*, 3, pp. 3-12.
- GIMENO, J., 1980. Necesidades formativas sentidas por el profesor para un adecuado ejercicio profesional. Seminario de Segovia.
- HASHWEH, M.Z., 1986. Towards an explanation of conceptual change, *European Journal of Science Education*, 8(3), pp. 229-249.
- HEWSON, P.W. y HEWSON, M., 1987. Science teachers' conception of teaching: Implications for teacher education, *International Journal of Science Education*, 9(4), pp. 425-440.
- HEWSON, P.W. y HEWSON, M., 1988. An appropriate conception of teaching science: a view from studies of science learning, *Science Education*, 72(5), pp. 597-614.
- HODSON, D., 1985. Philosophy of science, science and science education, *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57.
- LA PENSÉE, C.W., 1981. Teacher training and the pupil oriented lesson in West Germany, *Journal of Chemical Education*, 58, pp. 571-579.
- LAWSON, A.E., COSTENSON, K. y CISNEROS, R., 1986. A summary of research in Science Education, *Science Education*, 70(3), 191-346.
- LINN, M.C., 1987. Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations, *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), pp. 191-216.
- MCDONALD, J.B., 1975. Curriculum human interest, en Pinar Um (ed.), *Curriculum theorizing: the reconceptualist*, (McCuthman Publishing Cop: Berkeley USA).
- MILLAR, R. y DRIVER, R., 1987. Beyond processes, *Studies in Science Education*, 14, pp. 33-62.
- NOVAK, J.D., 1982. *Teoría y práctica de la educación*. (Alianza Universidad: Madrid).
- PENICK, J.E. y YAGER, R.E., 1986. Trends in Science Education: some observations of exemplary programs in the United States, *European Journal of Science Education*, 8(1), pp. 1-8.
- PETERSON, R.W., 1979. The impact of paradigm-based research on classroom practice, *Journal of Research in Science Teaching*, 16, p. 523.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A., 1982. Accomodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change, *Science Education*, 66, pp. 211-227.
- SATTERLY, D. y SWANN, N., 1988. Los exámenes referidos al criterio y al concepto de Ciencias: un nuevo sistema de evaluación, *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), pp. 278-284.
- STENHOUSE, L., 1975. *An introduction to curriculum research and development*. (Heinemann: London).
- SWAIN, J.L., 1988. Assesing chemical process skills, *Education in Chemistry*, sept., pp. 142-144.
- TALL, G., 1981. British science curriculum projects-How have they taken root in schools? *European Journal of Science Education*, 3, pp. 17-36.
- TIBERGHIE, A., 1985. Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique de la physique, *Revue Française de Pédagogie*, 72, pp. 71-86.
- VIENNOT, L., 1976. *Le raisonnement spontané en Dynamique Élémentaire*, Tesis Doctoral, Université de Paris 7. (Herman: Paris).
- WELCH, W.W., 1985. Research in science Education: review and recomendations, *Science Education*, 69, pp. 421-448.
- YAGER, R.E. y KHALE, J.B., 1982. Priorities for needed policy and research in science education, *Journal of Research in Science Teaching*, 17, pp. 523-530.
- YAGER, R.E. y PENICK, J.E., 1986. Perception of four groups towards science classes, teacher and the value of science, *Science Education*, 70(4), pp. 335-363.