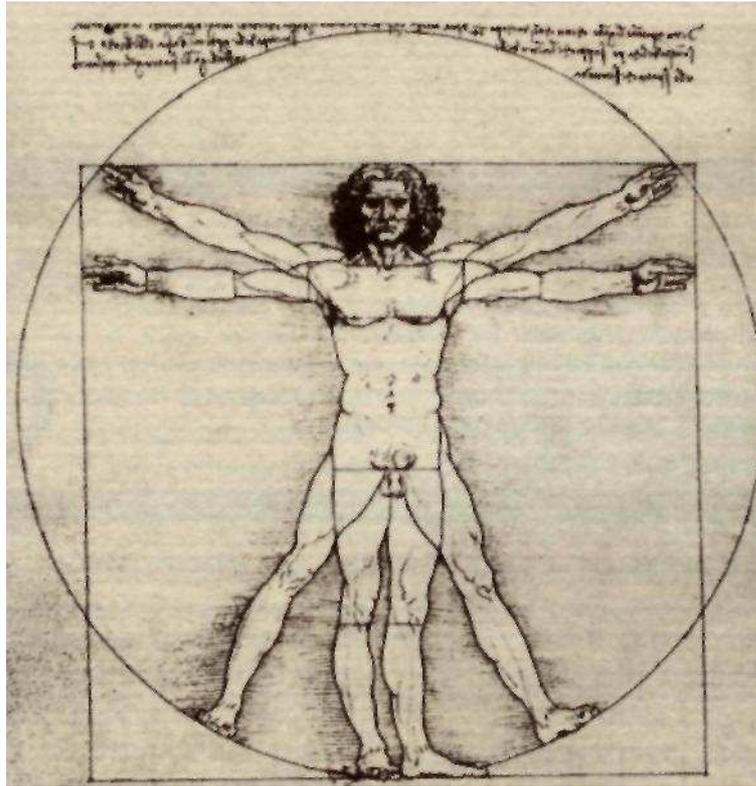


A R T Í C U L O S



Canon de proporciones - Academia de Venecia.

EL SURGIMIENTO
DE LA DIDÁCTICA DE LAS
CIENCIAS COMO CAMPO ESPECÍFICO
DE CONOCIMIENTOS

Daniel Gil Pérez
Jaime Carrascosa Alís
Francisco Martínez Terrades

RESUMEN

EL SURGIMIENTO DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS COMO CAMPO ESPECÍFICO DE CONOCIMIENTOS

*Los desarrollos y debates en torno a la didáctica de las ciencias ameritan una revisión histórica que permite reconocer los problemas de que se ocupa, las causas de su **emergencia**, su evolución, los obstáculos con que se encuentra, sus principales líneas de **investigación**, sus desafíos y perspectivas para constituirse en un **campo específico y coherente** de conocimiento.*

ABSTRACT

THE RISING OF SCIENCE TEACHING AS A SPECIFIC FIELD

*The development of science teaching and the debates about it make a **historical review** of its emergence, its evolution, and the obstacles it finds worth highlighting. This review also identifies its main lines of research and perspectives to become a **specific and coherent field of knowledge**.*

LA NAISSANCE DE LA DIDACTIQUE DES SCIENCES COMME UN DOMAINE SPÉCIFIQUE

*Les développements et les débats autour de la didactique des sciences méritent une révision historique permettant de reconnaître les problèmes qu'elle s'occupe, les causes de son **émergence**, son **évolution**, et les obstacles qu'elle trouve. Cette révision vise aussi ses principales lignes de recherche, ses défis et perspectives lui permettant de devenir un **domaine de connaissance spécifique et cohérent**.*

EL SURGIMIENTO DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS COMO CAMPO ESPECÍFICO DE CONOCIMIENTOS

Daniel Gil Pérez Jaime Carrascosa
Alís Francisco Martínez Terrades*

INTRODUCCIÓN

Desarrollaremos este trabajo en dos apartados. En el primero analizaremos la emergencia de la didáctica de las ciencias como disciplina científica. Para ello comenzaremos discutiendo el interés que puede tener una breve revisión histórica y pasaremos, a continuación, a analizar las causas de la emergencia de la nueva disciplina, su evolución y algunos obstáculos que siguen oponiéndose a su pleno desarrollo.

En el segundo apartado ofreceremos una breve panorámica de las principales líneas de investigación en didáctica de las ciencias, deteniéndonos, en particular, en los desafíos que actualmente se plantean en este campo. Termina-

remos refiriéndonos a las perspectivas que la investigación en didáctica de las ciencias abre, por un lado, para un mejor aprendizaje de las materias científicas; y, por otro, para una actividad docente más creativa e interesante.

1. LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS COMO DISCIPLINA CIENTÍFICA EMERGENTE: BREVE REVISIÓN HISTÓRICA

Quizás la mejor justificación de la necesidad de esta revisión histórica estribe en las consecuencias que ha tenido lo que Linn

Universitat de Valencia.

Agradecemos al profesor Carlos Arturo Soto Lombana, de la Universidad de Antioquia, Medellín, su amable invitación para preparar este artículo, así como su cuidadosa lectura crítica y pertinentes sugerencias.

Dirección: daniel.gil@uv.es

(1987) denomina *la amnesia crónica* que ha caracterizado la innovación e investigación en didáctica de las ciencias. Una amnesia que ha conducido, a menudo, a reincidir en propuestas que han mostrado ya su ineficacia y, en definitiva, a tratamientos puntuales, carentes de fundamentación. Ello ha dificultado la búsqueda de la necesaria coherencia entre los tratamientos dados a los distintos aspectos del proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias (aprendizaje de conceptos, prácticas de laboratorio, resolución de problemas, evaluación...) y ha llevado, incluso, a ignorar los trabajos realizados por otros equipos en un mismo campo. De este modo, los esfuerzos de innovación se han ajustado, en buena medida, al símil del movimiento browniano, produciendo una agitación confusa sin desplazamiento efectivo (Novak, 1982).

Señalar esto no supone atribuir a quienes nos han precedido una especial incompetencia. Por el contrario, dicho comportamiento es el que cabe esperar en cualquier dominio en el que no exista tradición científica y en el que los problemas sean abordados con el bagaje que proporciona la impregnación ambiental y, en ocasiones -cuando «lo que siempre se ha hecho» muestra con claridad sus insuficiencias- con innovaciones puntuales, no fundamentadas, que ignoran, incluso, otros esfuerzos valiosos de innovación y sus resultados.

Sólo en la medida en que los problemas no llegan a resolverse y se acumulan las dificultades y la necesidad de darles solución, estos tratamientos comienzan a dejar paso a esfuerzos más sistemáticos, que pueden conducir a la emergencia de un nuevo campo de conocimientos. Pero dicha emergencia no supone una inmediata aceptación general. En el caso concreto de la didáctica de las ciencias, es preciso tener en cuenta unas tradiciones docentes (y sociales) muy enraizadas que consideran la enseñanza como una tarea simple, para la que basta conocer la materia, tener alguna práctica docente y, a lo sumo, adquirir algunos conocimientos "pedagógicos" de carácter general.

McDermott (1990) y Viennot (1997) han mostrado las insuficiencias de una formación del profesorado que separa los contenidos científicos de los pedagógicos, haciendo ver la necesidad de un tratamiento global, integrado, de los problemas específicos que plantea el proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Una revisión histórica de los

problemas que ha planteado la educación científica, los intentos de solución y sus resultados, puede contribuir a mostrar esta necesidad de tratamientos científicos específicos y, en definitiva, a cuestionar una tradición que, al contemplar la enseñanza de las ciencias (o de cualquier otra materia) como tarea esencialmente simple, bloquea la posibilidad de avances fundamentados.

Conviene recordar, por otra parte, que en dominios científicos bien establecidos, que se encuentran en una fase de desarrollo «normal» -en el sentido que Kuhn da a esta expresión- no suelen prodigarse las reflexiones sobre su especificidad, orígenes, etc. Pero cuando una ciencia comienza a surgir, estas reflexiones son absolutamente necesarias -o, si se prefiere, inevitables- porque dicha emergencia es algo que se realiza con dificultad, teniendo que vencer obstáculos, deslindar campos, etc. La clarificación epistemológica, las opciones metodológicas, constituyen en esa situación una necesidad para seguir avanzando y acompañan al proceso mismo de constitución del nuevo campo científico.

Eso es, precisamente, lo que está ocurriendo en el campo de la didáctica de las ciencias; como muestra una amplia bibliografía, publicada a lo largo de las dos últimas décadas, sobre las tendencias de innovación e investigación, los métodos de investigación, etc., y, en definitiva, sobre su estatus como disciplina científica (Bowen, 1975; Berger, 1979; Yager y Kahle, 1982; Bauman, 1983; Klopfer, 1983; Tiberghien, 1983 y 1985; Welch, 1985; Penick y Yager, 1986; Linn, 1987; Cañal y Porlán, 1988; Jiménez, 1988; Furió y Gil, 1989; Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989; Viennot, 1989; Porlán, 1993a; Gil, 1994 y 1996; Martínez-Terrades, 1998; Porlán, 1998; etc.).

Podríamos analizar la emergencia de cualquier otro campo científico y nos encontraríamos con un esfuerzo similar de clarificación en torno a su constitución como dominio científico (Coll, 1988). Un esfuerzo que gira en torno a preguntas como: ¿Por qué un nuevo dominio? o ¿Cuáles son sus vínculos con otros campos de conocimiento ya establecidos?. Intentaremos, seguidamente, contestar a dichas preguntas, comenzando así la breve revisión histórica cuyo interés -o, mejor, necesidad- hemos intentado justificar.

1.1. CAUSAS DE LA EMERGENCIA DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS COMO NUEVO CAMPO DE CONOCIMIENTOS

El desarrollo de un nuevo campo de conocimientos aparece asociado a una doble condición: la existencia de una problemática relevante, susceptible de despertar el suficiente interés para justificar los esfuerzos que exija su tratamiento y el carácter específico de dicha problemática, que impida su tratamiento efectivo desde un cuerpo de conocimientos ya existente.

Intentaremos mostrar, a lo largo de este trabajo, que ambas condiciones se dan en el caso de la didáctica de las ciencias. Por lo que respecta a su relevancia, basta referirse a la importancia social concedida, desde hace ya décadas, a la educación científica (Dewey, 1916; Langevin, 1926); una importancia que ha ido creciendo y que ha experimentado, últimamente, un cambio cualitativo. En efecto, la tradicional importancia concedida a las inversiones en educación científica y tecnológica, para hacer posible el desarrollo futuro de un país, ha dejado paso al convencimiento de que la alfabetización científica de todos los ciudadanos y ciudadanas ha pasado a constituir una exigencia urgente, un requisito también para el desarrollo inmediato.

Así lo ha entendido, por ejemplo, la Administración USA, que ha convertido el esfuerzo en educación en su primera prioridad, y así se afirma, desde la primera página, en los *National Science Education Standards*, auspiciados por el National Research Council (1996): "En un mundo repleto de productos de la indagación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos". No es extraño, por ello, que se haya llegado a establecer la analogía entre la alfabetización básica iniciada el siglo pasado y el actual movimiento de alfabetización científica y tecnológica (Fourez, 1997).

Junto a esta creciente importancia concedida a la educación científica, nos encontramos, sin embargo, con un grave fracaso escolar, acompañado de un creciente rechazo de los estudios científicos y de actitudes negativas hacia la ciencia (Simpson et al., 1994; Giordan, 1997). Estos decepcionantes resultados, que afectan tanto a la enseñanza secundaria como a la universitaria, se han convertido en un motivo de seria

preocupación que no puede despacharse con explicaciones simplistas (basadas, por ejemplo, en una supuesta "incapacidad" de la mayoría de los estudiantes) sino que ponen en evidencia graves deficiencias de la enseñanza (Yager y Penick, 1983; Porlán y Martín, 1994).

Ambos hechos -la necesidad de una educación científica para todos y las dificultades que la misma plantea- determinan una problemática de indudable interés que ha dado origen, primero, a intentos de renovación de la enseñanza de las ciencias que cuentan con una larga tradición (Cañal, 1998); y, en segundo lugar, como intentaremos mostrar, al creciente desarrollo de una investigación específica en torno a los problemas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, es decir, a la emergencia de un nuevo campo de conocimientos. Pero para ello ha sido necesario, repetimos, un largo período de innovaciones, que han ido mostrando sus limitaciones y la necesidad, por tanto, de estudios más rigurosos, de propuestas mejor fundamentadas.

No podemos detenernos aquí en describir ese largo proceso de innovaciones y sus limitados resultados (Ausubel, 1968; Giordan, 1978; Gil, 1983; Hodson, 1985; Millar y Driver, 1978; etc.), pero debemos salir al paso de una descalificación global de dicho proceso. Así, por ejemplo, el movimiento de *aprendizaje por descubrimiento* no puede despacharse con una simple referencia a sus negativos resultados, a su fracaso en favorecer un aprendizaje de las ciencias más efectivo, a la denuncia de su inductivismo extremo, falta de atención a los contenidos, insistencia en una actividad completamente autónoma de los alumnos, etc. No podemos olvidar que este movimiento supuso un elemento dinamizador de una enseñanza que permanecía anclada en tradiciones asumidas acríticamente (dando lugar a la eclosión de proyectos como los Nuffield, Chemical Bond Approach (CBA), Physical Science Curriculum Study (PSSC), Biological Science Curriculum Study (BSCS), etc.) y constituyó el origen de reestructuraciones posteriores, dirigiendo la atención hacia las concepciones docentes acerca de la ciencia, provocando una revisión crítica de las mismas, etc. Mucho más importante que sus errores, insistimos, es el hecho de haber iniciado un proceso de innovación y, posteriormente, de investigaciones sistemáticas, en el que permanecemos inmersos (Gil, 1994).

Sin esfuerzos de innovación como éste y sin tomar en consideración sus resultados, no es concebible el desarrollo de una investigación sistemática. Pero tampoco ello era suficiente para que la didáctica de las ciencias se convirtiera en un nuevo campo de conocimientos. En efecto, lo razonable era -y así ocurrió- que las primeras investigaciones, o bien respondieran a tratamientos puntuales, ateóricos (Klopfer, 1983), o bien constituyeran simples aplicaciones de la psicología de la educación o psicopedagogía (Coll, 1988). Ello respondía a la idea misma de la didáctica «como dimensión práctica, encargada de organizar una praxis educativa con las propuestas elaboradas» por las "ciencias de la educación" (Pérez Gómez, 1978).

De hecho, la psicología de la educación se configuró como cuerpo de conocimientos mucho antes de que se pudiera hablar de didácticas específicas, entre otras razones porque la preocupación por los problemas de enseñanza y aprendizaje se centraron inicialmente en el nivel primario. En cualquier caso, hasta hace bien poco, el único cuestionamiento sistemático de las concepciones docentes espontáneas, fruto de una impregnación ambiental asumida acríticamente, procedía de la psicopedagogía. Dicho de otra manera: el impulso por dar categoría teórica a los conocimientos sobre los procesos de enseñanza/aprendizaje procedía de la psicología educativa. Resulta lógico, pues, que en la búsqueda de explicaciones a las dificultades encontradas o de alternativas y sugerencias, los estudiosos de materias científicas se dirigieran al campo de la psicopedagogía.

Sin embargo, estos intentos de aplicación de las construcciones teóricas de la psicología de la educación tampoco podían dar plena respuesta a los problemas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Los mismos psicólogos de la educación habían comprendido que no se puede hablar del aprendizaje o del conocimiento "en general" (Carretero, 1987), o, dicho de otro modo, habían rechazado ya la idea de equipotencialidad, según la cual las leyes del aprendizaje serían igualmente aplicables a todos los ambientes, especies o individuos (Pozo, 1989). Análogamente, Shulman (1987), con su metáfora del "paradigma perdido" había (auto)criticado el error de los pedagogos al ignorar el papel central de los contenidos en el proceso de enseñanza/aprendizaje.

Todo ello venía a cuestionar la posibilidad de subsumir la didáctica de las ciencias en la psicología educativa, como aplicación de la misma, reduciéndola a una "dimensión práctica". Los avances en el tratamiento de los problemas, de haberlos, debían ser el fruto de investigaciones en torno a los problemas específicos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias y traducirse en la construcción de un cuerpo de conocimientos coherente. En el apartado siguiente intentaremos mostrar, recurriendo a una multiplicidad de indicadores, que dicho proceso está teniendo lugar y que la didáctica de las ciencias constituye hoy un dominio específico de investigación y conocimiento.

1.2. EVOLUCIÓN DEL ESTATUS DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

Como señala Gabel (1994) en el prólogo del *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, desde 1927 se han venido publicando resúmenes y revisiones sobre la investigación realizada en torno a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.. Sin embargo, todavía a principios de los años ochenta, el análisis de esta investigación permitía afirmar a Klopfer (1983) que la didáctica de las ciencias constituía un dominio preparadigmático, es decir, preteórico, en el que las investigaciones tenían un carácter puntual, sin integrarse en cuerpos coherentes de conocimientos. Y si ello ocurría en el mundo anglosajón, en países como Francia o Italia el proceso estaba todavía más retrasado (Tiberghien, 1985).

Por lo que se refiere, por ejemplo, a España y, en general, al mundo hispanoamericano, a principios de los años ochenta se puede hablar de un vacío prácticamente total (Gil, 1982 y 1994): no existían, por ejemplo, revistas en castellano que pudieran servir de comunicación e impulso y las publicaciones internacionales eran desconocidas; las facultades de ciencias rechazaban, o simplemente ignoraban, los problemas educativos como temas de investigación y elaboración de tesis doctorales; los currículos de formación del profesorado, no sólo no incluían ninguna preparación a la investigación educativa sino que no hacían la menor referencia a la misma; no se conocía, por último, ningún equipo -más allá de escasas individualidades aisladas- con alguna dedicación al desarrollo de dicha investigación.

Al mismo tiempo, sin embargo, se detectaban otros signos que permitían concebir la posibilidad de un rápido desarrollo de la investigación en la didáctica de las ciencias. En efecto, a lo largo de los años setenta, se habían constituido, particularmente en la enseñanza secundaria, numerosos equipos docentes preocupados por el creciente fracaso escolar (asociado al acceso de amplias capas de población a los estudios secundarios) y deseosos de introducir e intercambiar propuestas innovadoras más efectivas. Su trabajo se realizó, durante más de una década, desconociendo los esfuerzos precedentes de la comunidad científica internacional, sus logros y sus fracasos, lo que limitó, sin duda, su efectividad. Pero el dinamismo y la continuidad de muchos de dichos grupos -cuyos esfuerzos de renovación se enmarcaban en la lucha por la transformación democrática de la sociedad española- condujo a una profundización en el tratamiento de los problemas que sólo podía encontrar respuesta en la asociación de la innovación con la investigación.

Todo parecía apuntar, pues, en los países de nuestro entorno cultural, a la posibilidad (y necesidad) del rápido despegue de una investigación específicamente centrada en los problemas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Al final de la década del ochenta, Alíberas, Gutiérrez e Izquierdo (1989), apoyándose en la obra de Toulmin (1977), *La comprensión humana*, y en su concepción de las disciplinas científicas como empresas racionales en evolución, concluían: «Estamos asistiendo al nacimiento de una nueva disciplina, la didáctica de las ciencias». Y ya a principios de los noventa, reflejando el sentir de muchos de los que trabajábamos en este campo, Hodson (1992) afirmaba con rotundidad: «Hoy ya es posible construir un cuerpo de conocimientos en el que se integren coherentemente los distintos aspectos relativos a la enseñanza de las ciencias».

¿Qué había ocurrido en ese breve período de poco más de una década? ¿Hasta qué punto se había producido un cambio tan drástico en el estatus de la didáctica de las ciencias? Nuestra hipótesis a este respecto ha sido que la didáctica de las ciencias se estaba, efectivamente, conformando como un dominio específico de conocimientos, con los elementos propios de una disciplina científica, como son: una comunidad científica, unos órganos de expresión, unas líneas de investigación definidas y, sobre todo, una evolución hacia consensos generalizados y hacia la

integración de los distintos aspectos en cuerpos coherentes de conocimientos, con aportaciones relevantes para el trabajo en el aula y la formación del profesorado de ciencias.

En un anterior trabajo de recapitulación (Gil, 1994) nos referíamos a unos primeros indicadores que parecían apoyar nuestra hipótesis. Y en una reciente tesis doctoral (Martínez-Terrades, 1998) hemos profundizado en ese estudio con resultados que refuerzan la tesis de la emergencia de la didáctica de las ciencias como disciplina científica. Comentaremos, a título de ejemplo, algunos de estos resultados.

Nos referiremos, en primer lugar, a la evolución de los órganos de expresión y del número de trabajos publicados. Nos encontramos con que la revista *Science Education* apareció en 1916, y hay que esperar a 1963 para que aparezca el *Journal of Research in Science Teaching* y a 1972 para la publicación de *Studies in Science*. Por el contrario, a partir de la década del ochenta comienzan a aparecer numerosas revistas como el *European Journal of Science Education*, *Enseñanza de las Ciencias*, *The Australian Journal of Science Education*, *ÁSTER*, *Science and Technological Education*, *la Revista de Enseñanza de la Física*, *O Ensino de Física*, *Investigación en la Escuela*, *Didaskalia*, *Alambique*, etc., etc., llegando hasta la aparición de revistas especializadas en aspectos concretos como *Science & Education* (aparecida en 1991), destinada al estudio del papel de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias o *Aliage*, publicada desde 1989 y centrada en las interacciones cultura-ciencia-tecnología.

Además de este crecimiento del número de revistas, se ha producido un notable incremento en su periodicidad o en el número de sus páginas. Así, el *International Journal of Science Education*, aparecido en 1979 como *European Journal of Science Education*, con cuatro números por año, publica en la actualidad diez números. Y en *Enseñanza de las Ciencias*, por citar otro ejemplo, desde su aparición hasta hoy se ha triplicado prácticamente el número de páginas de cada número.

Al mismo tiempo, revistas educativas de carácter más general como *Harvard Educational Review*, *Review of Educational Research*, *Instructional Science*, *Learning and Instruction*, *Cognition and*

Instruction, o las españolas *Infancia y Aprendizaje*, *Cuadernos de Pedagogía*, *Bordón*, *Revista de Educación*, publican con frecuencia creciente trabajos relativos a la educación científica. También las revistas tradicionalmente centradas en los contenidos científicos, como *Bulletin del'Union des Physiciens*, *Journal of Chemical Education*, *American Journal of Physics*, etc., están publicando trabajos de innovación e investigación en didáctica de las ciencias.

Como consecuencia de todo ello, el número de trabajos publicados por año ha experimentado un crecimiento impresionante, al igual que ha ocurrido con el número de tesis doctorales presentadas, de congresos internacionales, etc., etc. (Martínez Terrades, 1998).

Si nos fijamos, por otra parte, en las referencias bibliográficas -uno de los indicadores manejados por los documentalistas- podemos constatar cambios igualmente notables. Así, por ejemplo, comparando los trabajos aparecidos en los años 1976 y 1992 en una de las revistas más importantes (*Journal of Research in Science Teaching*) nos encontramos con que el promedio de referencias a artículos de revista se ha más que duplicado, poniendo de relieve una mejor fundamentación teórica.

El análisis de las referencias bibliográficas permite extraer una información aún de mayor interés con relación a los autores y trabajos más citados. Hemos podido constatar, en efecto, una drástica diferencia entre la situación existente a este respecto a mediados de los años setenta y a principios de los noventa: los artículos clave, aquellos que aparecen reiteradamente citados, corresponden ahora, en general, a autores cuya actividad investigadora se ha desarrollado básicamente en estos últimos años en el campo de la didáctica de las ciencias. De hecho, autores como Aikenhead, Astolfi, Driver, Duit, Duschl, Gilbert, Hewson, Hodson, Gior-dan, Kempa, Larkin, Linn, Lawson, Martinand, Matthews, McDermott, Novak, Nussbaum, Ogborn, Osborne, Penick, Posner, Reif, Resnick, Schibeci, Solomon, Tiberghien, Tobin, Viennot, Wittrok, Yager y tantos y tantos otros son nuestros colegas, mientras que a mediados de los setenta los autores más citados (Piaget, Inhelder, Campbell, Bloom, Bruner, Gagné, Ausubel, etc.) trabajaban en otros campos.

Un hecho de particular importancia es la aparición en la década del noventa de los primeros *Handbooks* (Gabel, 1994; Fraser y Tobin, 1998),

estructurados en claras líneas de investigación interconectadas -como hemos podido comprobar mediante un análisis de las referencias cruzadas entre las mismas (Martínez Terrades, 1998)-, lo que apoya la tesis de Hodson (1992) de una integración de los distintos aspectos de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias en modelos teóricos de aprendizaje de las ciencias que concitan consensos crecientes. (En el segundo apartado de este trabajo nos detendremos en la consideración de estas líneas de investigación).

Nos referiremos, por último, a los resultados, bastante alentadores, de la incidencia que está teniendo la didáctica de las ciencias en diferentes aspectos de la realidad educativa. Es posible constatar, por ejemplo, que los textos normativos de algunos países comienzan a tener orientaciones coherentes con los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias. Así ocurre, por poner un ejemplo, con los *National Science Education Standards*, que recoge las propuestas para la alfabetización científica y tecnológica de las ciudadanas y los ciudadanos norteamericanos del siglo XXI (National Research Council, 1996).

Igual transformación han experimentado los programas de formación del profesorado, que están rompiendo con el planteamiento tradicional de concebir dicha formación como suma disjunta de conocimientos científicos y una preparación pedagógica general. Dicho planteamiento, de probada ineficacia (McDermott, 1990), está dejando paso a tomar como eje vertebrador el tratamiento de los problemas específicos de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias (Furió y Gil, 1989).

Todos estos resultados, cuantitativos y cualitativos -a los que puede añadirse la aceptación, por la universidad, de la didáctica de las ciencias como área de conocimiento o las percepciones de los propios investigadores y del profesorado de ciencias en general, obtenidas mediante cuestionarios y entrevistas (Martínez Terrades, 1998)-, refuerzan la tesis de la emergencia de la didáctica de las ciencias como nueva disciplina científica con una cierta incidencia, como hemos visto, en la formación del profesorado y en las orientaciones del trabajo en el aula. Ello no supone, sin embargo, que la nueva disciplina pueda considerarse consolidada y se encuentre en una fase de desarrollo "normal". Existen serios obstáculos para que ello se produzca; obstáculos que es preciso

analizar para evitar expectativas ilusorias y, consecuentemente, frustraciones paralizantes. Abordaremos seguidamente esta cuestión central.

1.3. ALGUNOS OBSTÁCULOS A TENER PRESENTE

En el apartado anterior hemos hecho referencia a toda una serie de hechos que muestran cómo, a lo largo de las dos últimas décadas, se ha producido un desarrollo de la didáctica de las ciencias tan pujante que ha sido calificado de auténtica revolución (White, 1999), dando lugar a la emergencia de una nueva disciplina científica. Ello es algo de lo que podemos congratularnos todos los profesores de ciencias, dadas las perspectivas que se abren así para un tratamiento más riguroso y eficaz de los problemas que plantean la enseñanza y el aprendizaje de las materias científicas.

No podemos caer, sin embargo, en una visión ilusoriamente idílica y hacer creer que la nueva disciplina está plenamente asentada y garantiza el tratamiento científico de los problemas. Es preciso, por el contrario, ser conscientes de las dificultades y del largo camino que aún queda por recorrer para llegar a una situación de desarrollo científico "normal" de la didáctica de las ciencias. Nos referiremos, a continuación, a algunas de estas dificultades.

Una primera dificultad que ya hemos mencionado deriva de los vínculos existentes entre la didáctica de las ciencias y la psicología de la educación o, si se prefiere, de las "ciencias de la educación". En efecto, aunque dichos vínculos sean globalmente positivos, para algunos la didáctica de las ciencias sigue teniendo una dimensión meramente práctica, de aplicación de los conocimientos teóricos elaborados por las ciencias de la educación. Es preciso llamar la atención contra esta concepción exclusivamente práctica de la didáctica de las ciencias, que constituye un serio obstáculo a su desarrollo como campo específico de conocimientos con capacidad para tratar los problemas de enseñanza/ aprendizaje de las ciencias.

Con ello no se está preconizando, conviene enfatizar, ninguna "ruptura de relaciones". Muy al contrario, se trata de hacer posible un mejor aprovechamiento de las aportaciones de la psicología de la educación,

sin caer en aplicaciones mecánicas que se han mostrado ineficaces. Es la existencia misma del cuerpo de conocimientos sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias lo que hace posible una integración efectiva de dichas aportaciones (Gil, 1993).

Conviene también tener presente que la didáctica de las ciencias posee relaciones privilegiadas, no sólo con la psicología educativa, sino también con la historia y filosofía de la ciencia. Pensemos, a título de ejemplo, que las críticas al inductivismo realizada por autores como Bachelard, Bunge, Feyerabend, Kuhn, Lakatos, Laudan, Toulmin, etc., permiten comprender, desde un punto de vista estrictamente epistemológico, la relevancia de las concepciones iniciales de los alumnos al enfrentarse a los problemas científicos. De hecho, para numerosos autores, las tesis básicas del actual consenso constructivista son perfectamente coherentes con una enseñanza que intente aproximar el aprendizaje de las ciencias a las características de una investigación científica dirigida (Gil y Martínez -Torregrosa, 1987; Burbules y Linn, 1991; Duschl y Gitomer, 1991; Gil et al, 1991; Porlán, 1993b; National Research Council, 1996, etc.).

Una consideración de la didáctica de las ciencias como simple dimensión práctica de las ciencias de la educación puede ignorar estas aportaciones de la epistemología científica para un mejor enfoque del aprendizaje de las ciencias. Posiblemente ésa es la razón por la cual las relaciones entre la didáctica y la historia y la filosofía de las ciencias han sido muy débiles hasta recientemente (Matthews, 1994). Esto parece entrar en contradicción con la afirmación de Porlán (1998) de que el origen de la didáctica de las ciencias «está más vinculado a las ciencias experimentales». Pero lo que realmente ello expresa, pensamos, es que muchos profesores de "didáctica de las ciencias", en escuelas de magisterio o en los cursos de aptitud pedagógica se limitaban a enseñar contenidos científicos y a presentar un "método científico" que ofrecía una visión absolutamente deformada de la actividad científica (debido, precisamente, al desconocimiento de la historia y filosofía de la ciencia).

La atención cuidadosa a las implicaciones de la historia y filosofía de la ciencia en la didáctica de las ciencias es relativamente reciente (Matthews, 1994) y responde a necesidades del propio desarrollo teórico de la didáctica (Gil, 1993b), lo que pone de relieve, una vez más, la

importancia de ese desarrollo teórico para hacer posible la integración de aportaciones procedentes de otros campos de conocimiento.

En definitiva, pues, llamamos la atención contra una concepción de la didáctica de las ciencias como mera aplicación práctica de la psicología del aprendizaje. Se trata, insistimos, de una seria dificultad para su desarrollo. Pero mayor es, si cabe, la dificultad que representa la creencia -todavía muy extendida- de que enseñar es una actividad simple para la que bastan los conocimientos científicos y algo de práctica. Mientras esta concepción persista -en la sociedad, en las autoridades académicas y en los mismos docentes- la didáctica de las ciencias verá muy limitada su influencia sobre la actividad en el aula, lo que, a su vez, se convierte en un serio obstáculo para el desarrollo del nuevo cuerpo de conocimientos.

Se podría replicar que, como hemos señalado en el apartado anterior, las propuestas curriculares de bastantes países comienzan a fundamentarse en los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias. Y lo mismo ocurre con los textos elaborados para orientar el trabajo en el aula. Se están impartiendo, además, numerosos cursos para transmitir al profesorado las nuevas propuestas. Cabría, pues, esperar una amplia difusión de las aportaciones de la investigación didáctica y la superación de las concepciones simplistas acerca de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Sin embargo, las investigaciones realizadas sobre los procesos de reforma curricular han mostrado la escasa efectividad de transmitir al profesorado las propuestas de los expertos para su aplicación (Briscoe, 1991; Bell, 1998).

Se ha comprendido así la necesidad de que los profesores participemos en la construcción de los nuevos conocimientos didácticos, abordando los problemas que la enseñanza nos plantea. Sin esa participación, no sólo resulta difícil que los profesores y profesoras hagamos nuestro y llevemos eficazmente adelante los cambios curriculares, sino que cabe esperar una actitud de claro rechazo (Gil, Furió y Gavidia, 1998).

En consecuencia, la estrategia que parece potencialmente más fructífera para que los profesores se apropien de las aportaciones de la investigación didáctica y asuman las propuestas curriculares que se derivan,

consistiría en implicar al profesorado en la investigación de los problemas de enseñanza/aprendizaje de las ciencias que les plantea su actividad docente.

No se trata, claro está, de que cada profesor o grupo de profesores tenga que construir aisladamente, por sí mismo, todos los conocimientos didácticos elaborados por la comunidad científica, sino de proporcionarle la ayuda necesaria para que participe en la reconstrucción/apropiación de dichos conocimientos (sin recurrir a una ineficaz transmisión de los mismos). Sólo así los docentes podremos apropiarnos las aportaciones de la investigación didáctica; y sólo así esta investigación pasará a ser debidamente valorada y podrá ejercer una influencia real en el aula.

Estamos, sin duda, lejos de esta situación ideal en la que la generalidad del profesorado de ciencias asocie su actividad al desarrollo de la investigación didáctica. Ello exigirá cambios profundos -con claras implicaciones laborales- en la concepción social de la actividad docente. Pero sí podemos ya afirmar que aquellos profesores que han comenzado a asociar su docencia a la investigación didáctica, no sólo obtienen mejores resultados con sus alumnos, sino que la docencia adquiere para ellos un nuevo interés como actividad abierta y creativa.

El desarrollo de la didáctica de las ciencias está estrechamente ligado a estas posibilidades de enriquecimiento de la actividad docente y de un aprendizaje más estimulante y satisfactorio. En nuestra opinión, ello constituye la mejor baza de la didáctica de las ciencias frente a las dificultades señaladas. Es preciso, pensamos, tener en cuenta ambas cosas -dificultades y perspectivas- para incidir positivamente en el desarrollo de la nueva disciplina y, en última instancia, en la mejora de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

2. UN CAMPO ESPECÍFICO DE INVESTIGACIÓN

Podemos decir que la didáctica de las ciencias constituye un campo específico de investigación en la medida en que la problemática que plantea el proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias lo es; es decir, en la medida en que los conocimientos científicos son específicos y

no pueden aprenderse (ni, por tanto, enseñarse) de la misma manera que, por ejemplo, los musicales o los de educación física. Ya hemos señalado en el apartado anterior la importancia de los contenidos en el proceso de aprendizaje (Shulman, 1987) y el consiguiente rechazo de la idea de equipotencialidad, según la cual existirían unas leyes generales del aprendizaje igualmente aplicables a todos los ambientes (Pozo, 1989).

Dando todo ello por supuesto, nuestro propósito en este apartado es ofrecer una breve panorámica que refleje los avances realizados por la investigación en didáctica de las ciencias, los desafíos actuales y algunas perspectivas. Pasaremos revista, en primer lugar, a las principales líneas de trabajo que han centrado el interés de los investigadores a lo largo de estas dos últimas décadas y que han marcado la emergencia de la didáctica de las ciencias como disciplina científica. A continuación nos referiremos a algunos de los principales desafíos a los que se enfrenta hoy la investigación y, por último, abordaremos, a modo de conclusión, las perspectivas de futuro.

2.1. PRINCIPALES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Una buena forma de conocer cuáles han sido las principales líneas de investigación en didáctica de las ciencias es, sin duda, analizar el contenido de las revistas internacionales en este campo. Esto es lo que ha hecho recientemente Martínez Terrades (1998) manejando directamente más de 1.000 artículos y algo más de 25.000 referencias bibliográficas. Hoy, además, disponemos ya de dos *Handbooks* (Gabel, 1994; Fraser y Tobin, 1998) y son numerosos los libros que ofrecen visiones panorámicas o reflexiones globalizadoras sobre la didáctica de las ciencias (Duschl, 1990; Gil et al., 1991; Porlán, 1993b; Josuha y Dupin, 1993; Jiménez, 1996; Del Carmen et al., 1997, etc.).

Como es lógico, no existe una coincidencia total en lo que los distintos autores consideran líneas de investigación prioritarias: en éste como en cualquier otro dominio científico, cada cual tiende a privilegiar determinados temas sobre otros, por razones que van desde la formación recibida a motivaciones ideológicas, pasando por el legítimo interés de destacar las aportaciones del equipo al que se pertenece. Sin embargo,

existe un número suficiente de problemáticas reconocidas como líneas prioritarias por la generalidad de los investigadores.

Nadie duda hoy, por ejemplo, -aunque algunos lo hicieran inicialmente (McClelland, 1984)- de la importancia de las investigaciones en torno a las *concepciones alternativas*. Así, un estudio realizado por Duit (1993) ha mostrado un crecimiento realmente explosivo de los trabajos publicados internacionalmente en este campo. Por su parte, Martínez Terrades (1998), centrándose en el caso de España, recoge más tesis doctorales sobre esta temática, leídas hasta 1994, que sobre el resto de cuestiones (Carrascosa, 1987; Llorens, 1987; Cañal, 1990; Jiménez, 1990; Rafel, 1990; Sanmartí, 1990; Pintó, 1991; Baillo, 1992; Caamaño, 1992; Pérez de Eulate, 1992; Puey, 1992; Serrano, 1992; Benlloch, 1993; De Posada, 1993; Gutiérrez, 1994; Marín, 1994; Martín del Pozo, 1994; Montanero, 1994; Núñez, 1994; Oliva, 1994). También podemos referirnos a las numerosas revisiones y selecciones bibliográficas publicadas, por ejemplo, en *Enseñanza de las Ciencias en Alambique* (Carrascosa, 1983 y 1985; Furió, 1986; Cervantes, 1987; Jiménez, 1987; Serrano, 1987; Perales y Nievas, 1988; Manrique, Várela y Favieres, 1989; Carrascosa y Gil, 1992; Grau, 1993; De Manuel y Grau, 1996; Pedrinazi, 1996; Pintó, Aliberas y Gómez, 1996; Várela, 1996; Sutton, 1997).

Se trata, además, de una línea de investigación que sigue hoy concitando un interés general, como muestran los capítulos que le dedican los dos *Handbooks* citados (Wandersee, Mintzes y Novak, 1994; Hewson, Beeth y Thorley, 1998).

De hecho, nos encontramos ante una línea de investigación muy especial, que ha marcado en buena medida la emergencia de la didáctica de las ciencias como nueva disciplina científica. Laurence Viennot (1989), en una interesante revisión de la investigación francesa, ha intentado explicar el porqué de la abundancia de investigación en este campo: las investigaciones sobre *ideas intuitivas, preconcepciones, representaciones*, etc. -señala Viennot- dan lugar a resultados más claros y convincentes que otros estudios; y ante la necesidad de convencer en un tiempo razonable de la efectividad de la investigación didáctica, muchos investigadores se han centrado en este campo.

Pero la importancia adquirida por esta línea de investigación va más allá de esta razón pragmática a la que se refiere Viennot y está asociada a un hecho que ha tenido especial incidencia en el desarrollo de la didáctica de las ciencias como cuerpo de conocimientos. Nos referimos a que la investigación sobre concepciones alternativas ha cuestionado con rotundidad la eficacia de la enseñanza por transmisión de conocimientos ya elaborados y, más generalmente, ha contribuido a cuestionar las visiones simplistas sobre el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, como la idea docente espontánea de que enseñar es una actividad simple para la cual basta con conocer la materia y algo de experiencia.

En efecto, la publicación de algunos estudios rigurosos como las tesis doctorales de Rosalind Driver (1973) y Laurence Viennot (1976) atrajo la atención sobre este problema, que cuestionaba la efectividad de la enseñanza allí donde los resultados eran considerados más aceptables (los estudiantes parecían tener muchas menos dificultades en contestar una pregunta "teórica" que, por ejemplo, en resolver un problema): la utilización de sencillas cuestiones cualitativas mostraba ahora graves incomprensiones.

Es preciso resaltar esta capacidad cuestionadora de la investigación sobre preconcepciones, puesto que ha contribuido más que cualquier otro estudio a problematizar la enseñanza/aprendizaje de las ciencias y a romper con la inercia de tradiciones asumidas acríticamente (Gil, 1994).

Tampoco puede haber dudas acerca de la importancia de otras temáticas como fructíferas líneas de investigación. Podemos mencionar, por ejemplo, la resolución de problemas, cuestión a la que el primer *Handbook de investigación en enseñanza y aprendizaje de las ciencias* (Gabel, 1994) dedica seis de sus diecinueve capítulos. En nuestro ámbito, son numerosas las tesis doctorales dedicadas a la resolución de problemas (Martínez Torregrosa, 1987; Ramírez, 1990; Reyes, 1991; Oñorbe, 1993; Várela, 1994) y se han publicado abundantes libros (Gil y Martínez-Torregrosa, 1987b; Gil et al., 1991, cap. II; Oñorbe et al, 1993; Ramírez, Gil y Martínez-Torregrosa, 1994; Pozo et al., 1994; Carrascosa y Martínez, 1997) al tiempo que revistas como *A/amb/quele* han dedicado números monográficos (Oñorbe, 1995). Conviene destacar, por otra parte, que en el *Handbook oí Research on Science Teaching and Learning* se hace

referencia a la relevante aportación de un equipo español en este campo (Maloney, 1994, 344).

Similar atención ha concedido la investigación didáctica a las prácticas de laboratorio (Gil et al., 1991, cap. I; Lazarowitz y Tamir, 1994; Caamaño, Carrascosa y Oñorbe, 1994; Lunetta, 1998), que han dado lugar a numerosas tesis doctorales (Gene, 1986; Paya, 1991; González, 1994; Salinas, 1994; etc.).

Además de las tres líneas de investigación mencionadas hasta aquí -que cubren la problemática asociada a las tres componentes "clásicas" de la enseñanza de las ciencias, es decir, *la teoría, los problemas y las prácticas*- la investigación didáctica ha prestado también una especial atención a cuestiones como, por ejemplo, el diseño curricular (Gil et al., 1991, caps. VIII, IX y X; Bybee y DeBoer, 1994; Del Carmen, 1996; García, 1998; Van Den Akker, 1998; Wallace y Louden, 1998; Bybee y Ben-Zvi, 1998) o las relaciones ciencia/tecnología/sociedad y el papel del medio (García, 1987; Solbes y Vilches, 1989 y 1997; Jiménez y Otero, 1990; Gilbert, 1992; Jiménez, 1995; Catalán y Catany, 1996; Gil, Vilches et al., 1999).

Otras problemáticas se han convertido más recientemente en líneas prioritarias de investigación. Es el caso de la evaluación (Geli, 1986; Gutiérrez et al., 1990, 4ª parte; Gil et al., 1991, cap. VII; Alonso, 1994; Del Carmen, 1995; Jorba y San Martín, 1995; Tamir, 1998), la formación del profesorado (Porlán, 1989 y 1993; Gil y Pessoa, 1994; Anderson y Mitchener, 1994; Carnicer, 1998; Mumby y Rusell, 1998; Porlán y Rivero, 1998) o las cuestiones axiológicas que plantean las diferencias de origen sexual, la creciente diversidad cultural, etc. (Fraser, 1994; Kahle y Meece, 1994; Atwater, 1994; Baker, 1998; Nichols et al., 1998).

Lo fundamental, sin embargo, no es la simple constatación de que éstas y otras problemáticas han sido -y están siendo- abundantemente investigadas. Lo que permite hablar de cuerpo de conocimientos -y, por tanto, de auténtica investigación y no de simples tratamientos puntuales- es que dichas líneas de investigación aparecen -como ya señalábamos en el primer apartado de este trabajo- cada vez más integradas. Martínez Terrades (1998) ha mostrado dicha integración analizando las referencias "cruzadas" entre los diversos capítulos del *Handbook*

editado por Gabel (1994). Podemos, pues, afirmar que, afortunadamente, se ha llegado a comprender la imposibilidad de introducir innovaciones eficientes, fruto de investigaciones rigurosas, en alguno de los aspectos del proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, si no se tienen en cuenta los aspectos restantes. Como ya señalaba Linn (1987) a propósito de la evaluación, las innovaciones curriculares no pueden darse por consolidadas si no se reflejan en transformaciones similares en la evaluación.

Esta atención a la globalidad se está traduciendo en la ruptura de barreras tradicionales en la enseñanza de las ciencias, que aparecen ahora sin fundamento. Nos referimos, por ejemplo, a la neta distinción entre enseñanza y evaluación (considerada habitualmente como algo que sigue a la enseñanza). Como ha señalado Pozo (1992), «se trata de lograr la total confluencia entre las situaciones de aprendizaje y de evaluación», explotando el potencial evaluador de las primeras y diseñando las segundas como verdaderas situaciones de aprendizaje (Alonso, Gil y Martínez-Torregrosa, 1996).

Del mismo modo, las investigaciones realizadas en torno al aprendizaje de *los conceptos, los problemas* (de lápiz y papel) y *las prácticas de laboratorio* han mostrado que la casi total separación que la enseñanza habitual introduce entre las mismas (hasta el punto de que en el nivel universitario son impartidas, a menudo, por distintos profesores) carece de sentido y ha de dejar paso a su integración (Gil et al., 1999).

Todo apunta, pues, hacia un cuerpo de conocimientos estrechamente interconectados, en el que las distintas investigaciones se apoyan mutuamente. El avance teórico -y, por tanto, práctico- logrado en apenas dos décadas ha sido realmente impresionante. Ello no significa, sin embargo, que no existan divergencias profundas en torno a cuestiones clave y dificultades serias para las que se está lejos de haber encontrado solución. Nos referiremos a algunos de estos desafíos en el siguiente apartado, pero queremos enfatizar que dificultades y divergencias forman parte del desarrollo de cualquier ciencia y, a menudo, están en el origen de los avances más relevantes.

2.2. ALGUNOS DESAFÍOS ACTUALES

En el apartado anterior hemos intentado mostrar cómo los resultados de diversas líneas de investigación en didáctica de las ciencias se integran en un cuerpo coherente de conocimientos. Pero tan importante como mostrar los consensos y convergencias es tomar en consideración los debates y alternativas. La didáctica de las ciencias, como cualquier ciencia joven, es escenario de tensiones y enfrentamientos que afectan a aspectos clave del cuerpo de conocimientos en construcción e incluso a los mismos métodos de investigación (Jiménez y García Rodeja, 1997).

No es de extrañar, pues, que el *International Handbook of Science Education* (Fraser y Tobin, 1998) dedique toda una sección a la discusión de dichos métodos de investigación, con artículos que abordan con algún detalle, entre otros, los métodos cualitativos (Erikson, 1998) o el análisis de los datos verbales (Lemke, 1998). No podemos detenernos aquí en el análisis de las distintas orientaciones y nos remitimos a la panorámica de Keeves (1998), en la que se apunta un consenso creciente en torno, precisamente, al interés de la diversidad metodológica.

Entre los debates que hoy se plantean hemos elegido, a título de ejemplo, dos que nos parecen particularmente relevantes. El que se ha planteado en torno al papel de las nuevas tecnologías en la educación y el relativo a la pertinencia de las orientaciones constructivistas como marco teórico. Los expondremos, a continuación, de forma necesariamente sucinta.

2.2.1. PAPEL DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA RENOVACIÓN DE LA ENSEÑANZA

La utilización de las nuevas tecnologías en la enseñanza está plenamente justificada si tenemos en cuenta que uno de los objetivos básicos de la educación ha de ser «la preparación de los adolescentes para ser ciudadanos de una sociedad plural, democrática y tecnológicamente avanzada» o, cabría matizar, que aspire a serlo. Así, por ejemplo, las actuales orientaciones curriculares del sistema educativo español contemplan acertadamente la incorporación de «las Nuevas Tecnologías de la

información como contenido curricular y también como medio didáctico» (MEC, 1989), mientras que el *International Handbook in Science Education* le dedica toda una sección (McFarlane y Friedler, 1998; Schecker, 1998; Spitulnick et al., 1998).

Son bien conocidas las posibilidades que los ordenadores ofrecen para recabar informaciones y contrastarlas, para proporcionar rápida re-troalimentación, para simular y visualizar situaciones (Lowe, 1996) o, en otro orden de cosas, para conectar con el interés que los nuevos medios despiertan en los alumnos (Barbera y Sanjosé, 1990; Songer, 1998). Nada, pues, que objetar -muy al contrario- a la utilización de los ordenadores como medio didáctico. Más interés tiene, si pretendemos proporcionar una visión actualizada de la actividad científica, la incorporación de los cambios metodológicos originados por la utilización de los ordenadores (Valdés y Valdés, 1994; Gil y Valdés, 1995), en particular como instrumentos de obtención y tratamiento de datos experimentales (Milot, 1996). Por otra parte, la posibilidad de simular con ordenador conductas inteligentes ha conducido a los modelos de *procesamiento de información*, basados en la metáfora de la mente humana como ordenador. Esta orientación teórica ha hecho aportaciones de indudable interés, particularmente en lo que se refiere a la comprensión de cómo se organizan los conocimientos adquiridos en la *memoria a largoplazo* y cómo se recuerdan dichos conocimientos para utilizarlos en un momento dado (concretamente en la resolución de problemas). Para algunos (Kempa, 1991), los modelos de procesamiento de la información, junto a los modelos constructivistas, constituyen hoy las dos perspectivas fundamentales de la investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias. Y aunque, en nuestra opinión, la perspectiva constructivista ha resultado hasta aquí mucho más fructífera para la renovación de la enseñanza de las ciencias (Gruender y Tobin, 1991; Duit y Treagust, 1998) que la basada en el procesamiento de información o en los aportes de las neurociencias (Lawson, 1994), no pueden ignorarse, repetimos, los aportes teóricos y prácticos del uso de los ordenadores y sus limitaciones.

Creemos necesario, en efecto, llamar la atención contra visiones simplistas que ven en el uso de las nuevas tecnologías el fundamento de renovaciones radicales de la enseñanza/aprendizaje (Gil, 1998). La prensa se hace eco, con frecuencia, de la "revolución informática en la enseñanza" o de la "muerte del profesor" (a manos del ordenador) y se

contempla la introducción de la informática como una posible solución a los problemas de la enseñanza, como una auténtica tendencia innovadora. A ello contribuye -como ha denunciado McDermott (1990)-una publicidad agresiva cuya atractiva presentación dificulta, a menudo, una apreciación objetiva de las ofertas. Es preciso, insistimos, llamar la atención contra estas expectativas, que terminan generando frustración. Cabe señalar, por otra parte, que la búsqueda de la solución en las "nuevas tecnologías" tiene una larga tradición y ya fue acertadamente criticada por Piaget (1969) en relación a los medios audiovisuales y a las "máquinas de enseñar" utilizadas por la "enseñanza programada". Vale la pena recordar la argumentación de Piaget que, pensamos, continúa conservando su vigencia:

Los espíritus sentimentales o pesarosos se han entristecido de que se pueda sustituir a los maestros por máquina';; sin embargo, estas máquinas nos parece que prestan el gran servicio de demostrar sin posible réplica el carácter mecánico de la función del maestro tal como la concebía enseñanza tradicional: si esta enseñanza no tiene más ideal que hacer repetir correctamente lo que ha sido correctamente expuesto, está claro que la máquina puede cumplir correctamente estas condiciones.

En el mismo sentido crítico se expresaba recientemente Gérard De Selys en su artículo "La escuela, gran mercado del Siglo XXI" que subtitulaba, muy significativamente, "Un sueño enloquecido de tecnócratas e industriales" (De Selys, 1998).

En definitiva, las nuevas tecnologías -cuyo valor instrumental nadie pone en duda- no pueden ser consideradas, como algunos siguen pretendiendo, el fundamento de una tendencia realmente transformadora. Tras esta pretensión se esconde, una vez más, la suposición ingenua de que una transformación efectiva de la enseñanza puede ser algo sencillo, cuestión de alguna receta adecuada, como, en este caso, «informatización». La realidad del fracaso escolar, de las actitudes negativas de los alumnos, de la frustración del profesorado, acaban imponiéndose sobre el espejismo de las fórmulas mágicas.

La relación entre la educación científica y las transformaciones científico-tecnológicas aparece, así, como una relación compleja, que abre

perspectivas para el desarrollo de los pueblos, pero que encierra también claros peligros a los que debemos hacer frente (Cebrián, 1998), reflexionando críticamente, en particular, acerca de su papel en el fortalecimiento de la democracia.

2.2.2. EL DEBATE EN TORNO A LOS PLANTEAMIENTOS CONSTRUCTIVISTAS

Durante la última década hemos asistido, en la didáctica de las ciencias, al establecimiento de lo que Novak (1988) denominó *un consenso emergente* en torno a planteamientos constructivistas, calificados como la aportación más relevante de las últimas décadas en este campo (Gruender y Tobin, 1991; Duit y Treagust, 1998). Parecía comenzar a superarse así el estatus *preparadigmático* que, todavía a comienzos de los ochenta, se atribuía a la didáctica de las ciencias (Klopfer, 1983). Recientemente, sin embargo, comienzan a surgir voces que cuestionan dichos planteamientos constructivistas y apuntan, directa o indirectamente, a una revalorización de las estrategias de transmisión/recepción. Podría pensarse, pues, que el *consenso constructivista* no habría pasado de ser una nueva moda, una nueva «receta» fallida que nos devuelve, una vez más, al inamovible modelo de enseñanza/aprendizaje de las ciencias por transmisión/recepción de conocimientos ya elaborados o, cuanto menos, a un ecléctico "todo vale" como expresión de una "agitación browniana", sin desplazamiento neto.

Nos referiremos, en primer lugar, a las críticas que cuestionan ciertas propuestas demasiado simplistas y estereotipadas que son presentadas, a menudo, como quintaesencia de las orientaciones constructivistas. Cómo señalan Carretero y Limón (1996), «dichas propuestas suelen apoyarse en la convicción, más bien estólida, de que la aplicación de fórmulas del tipo 'tomemos los conocimientos previos del alumno, planteémosle conflictos cognitivos y modifiquémoslos' solucionará fácilmente muchos problemas educativos».

De hecho, la crítica a esas visiones simplistas no puede considerarse como un cuestionamiento de los planteamientos constructivistas, sino que cuenta con una abundante literatura en el campo de la didáctica de las ciencias y se ha traducido en una profundización de dichos

planteamientos. No debemos olvidar, sin embargo, que estas estrategias que hoy nos parecen fórmulas simplistas, no fueron presentadas de una forma tan esquemática (Posner et al, 1992; Pozo, 1989) y suponían un notable avance sobre otras fórmulas mucho más simplistas como la que subyace en el modelo de transmisión/recepción («expliquemos claramente los conocimientos y los alumnos aprenderán»). Las propuestas de cambio conceptual, al menos, tenían en cuenta aspectos básicos del aprendizaje como que «todo aprendizaje depende de conocimientos previos» o que «quienes aprenden construyen significados» y «establecen relaciones» (Resnick, 1983).

La mayor efectividad de estas estrategias sobre la simple transmisión de conocimientos ya elaborados fue refrendada por numerosas investigaciones realizadas en diferentes campos de las ciencias (Gil, 1993). Curiosamente, algunos críticos ignoran u olvidan esta abundante literatura y se refieren únicamente a quienes mencionan dificultades. Pero es cierto que pronto se constató que ciertas concepciones alternativas eran resistentes a la instrucción, incluso cuando ésta se orientaba explícitamente a producir el *cambio conceptual* (Fredette y Lochhead, 1981). Dicho con otras palabras: se hacía evidente que los indudables progresos logrados con las estrategias de cambio conceptual resultaban todavía insuficientes (Oliva, 1999).

Se comenzó así a comprender la necesidad, entre otros, de tomar en consideración las formas de razonamiento de los alumnos, superando el reduccionismo conceptual (Gil y Carrascosa, 1985; Hashweh, 1986; Duschl y Gitomer, 1991, etc.) y enriqueciendo así las propuestas constructivistas. Podemos recordar a este respecto las críticas realizadas por nosotros a las propuestas más simplistas de *cambio conceptual* (Gil et al., 1991; Gil, 1993).

La secuencia que proponen algunas estrategias de enseñanza basadas en el cambio conceptual, consiste en sacar a la luz las ideas de los alumnos, favoreciendo su formulación y clarificación, para después crear conflictos que las pongan en cuestión e introducir a continuación las concepciones científicas, cuya mayor potencia explicativa va a hacer posible el cambio conceptual (Driver, 1988). Es cierto que dicha estrategia puede, puntualmente, dar resultados positivos al llamar la atención

sobre el peso de ciertas ideas de sentido común, asumidas acríticamente como evidencias; pero también es cierto que practicada de forma reiterada, produce una inhibición y un rechazo muy comprensibles. En efecto ¿qué sentido tiene hacer que los alumnos, una y otra vez, expliciten y afiancen sus ideas para seguidamente cuestionarlas? ¿Cómo no ver en ello un artificio que aleja la situación de lo que constituye la construcción de conocimientos? Esa construcción nunca se plantea para cuestionar ideas, para provocar cambios conceptuales, sino para resolver problemas de interés para los investigadores (es decir, en nuestro caso para los estudiantes); problemas que se abordan, como es lógico, a partir de los conocimientos que se poseen y de nuevas ideas que se construyen a título tentativo. En ese proceso, las concepciones iniciales podrán experimentar cambios e incluso, aunque más raramente, ser cuestionadas radicalmente, pero ése no será nunca el objetivo, sino, repetimos, la resolución de los problemas planteados.

Desde un punto de vista constructivista resulta esencial asociar explícitamente la construcción de conocimientos a problemas -«Todo conocimiento es la respuesta a una cuestión» (Bachelard, 1938)- y ello cuestiona de forma radical las estrategias de cambio conceptual en lo que supone tomar las ideas de los alumnos como punto de partida. Por otra parte, una característica fundamental del tratamiento científico de los problemas es tomar las ideas que se tienen -incluso las más seguras y obvias- como simples hipótesis de trabajo que es necesario controlar, esforzándose en imaginar otras hipótesis, etc. Ello concede un estatus muy diferente a las situaciones de conflicto cognoscitivo: ya no suponen para los estudiantes el cuestionamiento externo de las ideas personales, ni la reiterada aceptación de las insuficiencias del propio pensamiento (con las consiguientes implicaciones afectivas), sino un trabajo de profundización en el que unas ideas (tomadas como hipótesis) son sustituidas por otras (tan propias como las anteriores).

Como puede verse, los planteamientos constructivistas están lejos de las recetas simplistas -justamente criticadas, entre nosotros, por diversos autores (Carretero y Limón, 1996; Marín, 1999; Oliva, 1999)- que en modo alguno pueden presentarse como expresión de dichos planteamientos. Pero otras críticas se está dirigiendo hoy, al menos aparentemente, hacia los fundamentos mismos de las propuestas constructivistas.

Son esas críticas las que queremos analizar aquí, centrándonos en artículos como los de Suchting, Matthews o Solomon, de títulos muy significativos: "Constructivism deconstructed" (Suchting, 1992); "Vino viejo en botellas nuevas. Un problema con la epistemología constructivista" (Matthews, 1994); "The rise and fall of constructivism" (Solomon, 1994); "Beyond Constructivism" (Osborne, 1996); "¿Cómo ir más allá de los modelos constructivistas?" (Giordan, 1996).

El artículo de Suchting (1992) comienza aclarando que trata de una doctrina, el constructivismo, que durante algún tiempo ha ejercido una fuerte influencia en educación y de la que considera creador y principal exponente a Ernest von Glasersfeld («Este artículo trata de una doctrina que, durante algún tiempo, ha tenido una cierta influencia en el pensamiento educativo, concretamente el 'constructivismo', asociado especialmente con el nombre de su creador y principal exponente, Ernest von Glasersfeld»).

Resulta curioso ver cómo Suchting habla del constructivismo en pasado, dando por sentado, sin justificación alguna, que su influencia se ejerció «durante algún tiempo». Pero lo esencial es señalar que todo el artículo está centrado en la crítica de las tesis filosóficas de Glaserfeld, llegando a la conclusión de que los conceptos y tesis fundamentales del constructivismo son muy oscuros y están escasa e insatisfactoriamente fundamentados. Sin entrar a discutir el posible interés de críticas a las tesis de Glasersfeld como la de Suchting, hemos de señalar que ese debate tiene poco que ver con las propuestas constructivistas en el campo de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias. De hecho, el artículo de Suchting no contiene una sola cita procedente de este campo, que parece desconocer por completo, hasta el punto de considerar a Glasersfeld -cuyo nombre ha comenzado a ser citado, en nuestro campo, tan sólo recientemente- el *originator*. Éste es un primer y grave defecto de algunas de las críticas actuales: "apuntan" hacía otro blanco e ignoran las contribuciones precedentes en el campo de la didáctica de las ciencias. No está de más, a este respecto, recordar las palabras de Linn (1987): «Para mantener y desarrollar el actual impulso de la investigación en didáctica de las ciencias, debemos evitar la amnesia crónica que, a menudo, caracteriza la investigación educativa».

Conviene no olvidar, muy en particular, que este debate no debe (ni puede) extenderse al aprendizaje "en general" (?), con la pretensión de tratar a la vez aprendizajes como, por ejemplo, montar en bicicleta, la tabla de multiplicar y la física newtoniana. Como Carretero señalaba en el prólogo a "El aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal" (Pozo, 1987): «no se puede hablar del pensamiento de los sujetos al margen del contenido de los problemas».

Podemos afirmar, pues, que el debate que plantea Suchting no es nuestro debate. Con ello no pretendemos negar el interés de estudiar los trabajos de Glaserfeld y sus posibles aportaciones a las propuestas constructivistas en el campo de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Pero no podemos aceptar una discusión en términos genéricos que parece suponer, como hace Suchting, que hablamos de constructivismo "en general" y que estamos "aplicando" las tesis de Glaserfeld.

La crítica de Solomon (1994) tiene, sin duda, otro carácter, puesto que procede de una voz autorizada en el campo de la didáctica de las ciencias. Solomon reconoce que los planteamientos constructivistas en didáctica de las ciencias tienen su origen en las investigaciones realizadas en torno a los problemas de enseñanza/aprendizaje de las ciencias. De hecho, Solomon asocia el surgimiento de esta corriente a la publicación del artículo de Driver y Easley (1978), "Pupils & paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students". Pero, a continuación, Solomon señala que, a principios de los años ochenta, «se descubrió que, lo que podríamos llamar el fundamento teórico, había sido escrito unos treinta años antes por George Kelly».

Fijémonos que Solomon no dice que los trabajos de Kelly apoyaban las nuevas ideas, sino que constituían su cuerpo teórico. Se trata, a nuestro entender, de un grave error que niega la posibilidad de que la investigación en didáctica de las ciencias dé lugar a un cuerpo específico de conocimientos y reduce su fundamentación a la aplicación de conocimientos externos. En nuestra opinión, algunas ideas de Kelly pueden resultar sugerentes y ayudar a la construcción del nuevo cuerpo de conocimientos en torno a los problemas de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, pero sus reflexiones no estaban centradas en el campo de la enseñanza de la ciencia y no tiene sentido plantear su mera aplicación a dicho campo.

Sin embargo, las críticas de Solomon a los planteamientos constructivistas se centran en las contribuciones de Kelly y otros autores como Glasersfeld, igualmente externos al campo de la didáctica de las ciencias. Muy en particular, Solomon se centra en mostrar las limitaciones de la metáfora de Kelly, «Every man his own scientist», dando por supuesto que el constructivismo «en esencia se basó en la noción del alumno como científico». Solomon admite, además, como lógico corolario, que ello supone dejar de lado la adquisición de cuerpos de conocimientos: «El constructivismo [...] siempre ha dejado de lado el aprendizaje real de un cuerpo establecido de conocimientos».

Pero la idea del estudiante como científico es una metáfora cuyas limitaciones han sido señaladas también desde el campo de la didáctica de las ciencias y, más específicamente, desde los planteamientos constructivistas, porque no expresa adecuadamente lo que la investigación ha mostrado acerca del proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias: es difícil no estar de acuerdo en que los alumnos por sí solos (?) no pueden construir todos (?) los conocimientos científicos. Como señala Pozo (1987) «es bien cierto que muchos de los conceptos centrales de la ciencia son bastantes difíciles de descubrir para la mayor parte -si no para la totalidad- de los adolescentes e incluso de los adultos universitarios». Sin embargo, como hemos argumentado en otro lugar (Gil, 1993), de aquí no se sigue que se haya de recurrir necesariamente a la transmisión de dichos conocimientos ni que se haya de poner en cuestión las orientaciones constructivistas. En efecto, es bien sabido que cuando alguien se incorpora a un equipo de investigadores, puede alcanzar con relativa rapidez el nivel medio del resto del equipo. Y ello no mediante una transmisión verbal, sino abordando problemas en los que quienes actúan de directores/ formadores son expertos. La situación cambia, por supuesto, cuando se abordan problemas que son nuevos para todos. El avance, si lo hay, se hace entonces lento y sinuoso. La propuesta de organizar el aprendizaje de los alumnos como una construcción de conocimientos responde a la primera de las situaciones, es decir, a la de una investigación dirigida, en dominios perfectamente conocidos por el "director de investigaciones" (profesor) y en la que los resultados parciales, embrionarios, obtenidos por los alumnos, pueden ser reforzados, matizados o puestos en cuestión, por los obtenidos por los científicos que les han precedido. No se trata, pues, de "engañar" a los alumnos, de

hacerles creer que los conocimientos se construyen con la aparente facilidad con que ellos los adquieren (Hodson, 1985), sino de colocarles en una situación por la que los científicos habitualmente pasan durante su formación, y durante la que podrán familiarizarse mínimamente con lo que es el trabajo científico y sus resultados, replicando para ello investigaciones ya realizadas por otros, abordando, en definitiva, problemas conocidos por quienes dirigen su trabajo. Dicho con otras palabras: entre la metáfora del alumno como simple receptor y la que le asimila, siguiendo a Kelly, a un "investigador" autónomo (Pope y Gilbert, 1983; Solomon, 1994), proponemos la metáfora del *investigador novel* que integra coherentemente, además, las aportaciones de Vigotski sobre la *zona de desarrollo potencial* y el papel del adulto en el aprendizaje. Las situaciones problemáticas abiertas, el trabajo científico en equipo y la interacción entre los equipos se convierten así en tres elementos esenciales de una orientación que hemos denominado *constructivista radical* del aprendizaje de las ciencias (Gil, 1993).

Nos apresuramos a aclarar que no hablamos de *constructivismo radical* en el sentido que da Glaserfeld a dicha expresión (rechazo del realismo ontológico, es decir, rechazo de la idea de que los constructos son una réplica o reflejo de estructuras que existen independientemente de nuestro pensamiento). Esta confrontación entre realismo e idealismo es la que centra, a menudo, las críticas al constructivismo (Suchting, 1992; Matthews, 1994). Pero, como Matthews reconoce, «uno no ha de ser un constructivista para estar de acuerdo con la mayor parte de sus propuestas pedagógicas» (Matthews, 1994) y en términos parecidos se han expresado otros autores (Ernst, 1993). Ello es tanto como reconocer, y esa es la tesis que estamos defendiendo aquí, que las propuestas constructivistas en didáctica de las ciencias no se fundamentan en el constructivismo filosófico. Muy lejos de ese debate ontológico, lo que nosotros hemos denominado *una orientación radicalmente constructivista* es una propuesta que contempla una participación efectiva de los estudiantes en la construcción de los conocimientos.

Artículos como el de Solomon muestran, además, el peligro de una fundamentación teórica de la didáctica de las ciencias que se reduzca a una simple adscripción a un cuerpo de conocimientos externos. Hablar de constructivismo en la enseñanza de las ciencias no supone, ni mucho menos, aceptar los planteamientos de Kelly o de Glaserfeld, ni caer en

un ecléctico "picoteo", preparando un "cocktail" con algo de Piaget, Kelly, Bachelard, etc. Es necesario construir un cuerpo de conocimientos propio en torno a los problemas específicos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Esa es, pensamos, la orientación más fructífera.

Queremos llamar la atención, para terminar, sobre el peligro de las lecturas superficiales, de las adscripciones basadas en meras similitudes formales, de las generalizaciones abusivas: puesto que en la didáctica de las ciencias se comenzó a hablar de la necesidad de superar la mera transmisión/recepción de conocimientos ya elaborados (debido a sus pobres resultados) y de la conveniencia y posibilidad de implicar a los estudiantes en la (re)construcción de conocimientos, algunos exclamaron ¡eso es constructivismo! (y lo adscribieron a las ideas de Kelly, o de Piaget, o...) llevando la discusión fuera de la problemática concreta de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias. De esa forma, como Carretero y Limón (1996) han señalado, «la amplia aplicación del término constructivismo en diferentes contextos parece haberle dotado de una cierta generalidad y vaguedad» que, añadamos, permite, incluso, calificar como "constructivista" lo que cada cual ha hecho siempre («yo explico los conocimientos y mis alumnos los reconstruyen en su cabeza»). Esa es una lectura que comienza a generalizarse: el constructivismo no sería sino una interpretación del aprendizaje y no tendría nada que decir acerca de la enseñanza. (Dicho de otro modo: podemos dejar las cosas como están).

Quizás esta vaguedad (esta conjunción, bajo el paraguas constructivista, de recetas simplistas, de discusiones filosóficas alejadas de la problemática concreta de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias, de interpretaciones *light* permiten a cualquiera, haga lo que haga, denominarse "constructivista"...) es lo que lleva a hablar de "luces y sombras" en los planteamientos constructivistas (Perales, 1993) e impulsa a autores como Giordan (1996) a preguntarse «¿Cómo ir más allá de los modelos constructivistas?» y a proponer nuevas denominaciones (*modelo alostérico*). Pero, en nuestra opinión, la expresión de un *consenso constructivista* (Resnick, 1983; Novak, 1988) sigue siendo útil para poner de relieve la convergencia básica, en el campo de la didáctica de las ciencias, de propuestas, tan diversas terminológicamente, como las de Posner et al., (1982), Osborne y Wittrock (1983), Driver y Oldham (1986), Giordan

(1989), Duschl y Gitomer (1991), Hodson (1992), etc. Sigue siendo útil para resaltar y reforzar la idea de avance hacia la construcción de un nuevo modelo de enseñanza/aprendizaje de las ciencias capaz de desplazar al de transmisión/recepción y, en definitiva, de avance hacia la conformación de la didáctica de las ciencias como un nuevo campo de conocimientos (Gil, Carrascosa et al., 1999).

2.3. PERSPECTIVAS DE FUTURO

Hablar de perspectivas de futuro conlleva un indudable grado de subjetivismo o, si se prefiere, tiene un carácter de mera conjetura. Hemos analizado en otro lugar (Gil, 1994) hasta qué punto pueden resultar falibles estas predicciones, señalando, por ejemplo, cómo Welch (1985) había sido incapaz de prever la importancia que iban a adquirir los estudios sobre preconcepciones. Insistíamos, pese a ello, en el interés de estas predicciones que llaman la atención sobre lo que los distintos autores consideran más fructífero y se convierten, así, en una especie de recomendaciones que vale la pena debatir. Pensamos, por otra parte, que el riesgo de predicciones muy incorrectas es hoy menor, dados los progresos realizados por la didáctica de las ciencias hacia un cuerpo de conocimientos más integrado y fundamentado.

Una primera tendencia a la que cabe referirse es al reforzamiento de los vínculos entre las distintas líneas de investigación. Como señala Porlán (1998), ya no tiene sentido presentar «listas desestructuradas de líneas de investigación» y avanza propuestas de investigación centradas en problemáticas interrelacionadas, refiriéndose a la necesidad de «profundizar en los fines y fundamentos de un modelo alternativo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias» o de «diseñar y experimentar propuestas de formación del profesorado» basadas, entre otros, en «los resultados de los estudios sobre concepciones y obstáculos de los profesores». En el mismo sentido nos hemos pronunciado nosotros (Gil, 1994) afirmando que «cabe esperar una acentuación de la búsqueda de coherencia global [...] hasta llegar a integrar de forma coherente desde los estudios sobre introducción y manejo de conceptos a los de evaluación». Y en esa perspectiva hemos insistido en la necesidad de superar el reduccionismo conceptual que ha marcado las investigaciones sobre preconcepciones, con olvido de los aspectos procedimentales y axiológicos (Duschl y

Gitomer, 1991) y en la de extender los planteamientos constructivistas a la formación del profesorado, con una especial atención a las concepciones docentes.

Hoy nos reafirmamos en esas perspectivas, que en gran parte son ya una realidad (Martínez Terrades, 1998), y que, pensamos, seguirán marcando los esfuerzos de la investigación en los próximos años. La apuesta por la búsqueda de coherencia global, por la vinculación de los distintos estudios, superando los tratamientos puntuales, constituye, a nuestro entender, una característica que se acentuará hasta convertirse en un rasgo esencial de la investigación en didáctica de las ciencias, como corresponde a un dominio científico desarrollado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIBERAS J.; GUTIÉRREZ, R. e IZQUIERDO, M. (1989). "La didáctica de las ciencias: una empresa racional. En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 7, No. 3. pp. 277-284.

ALONSO, M. (1994). *La evaluación en la enseñanza de la física como instrumento de aprendizaje*. Tesis doctoral. Universitat de Valencia.

ALONSO, M.; GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1996). "Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias." En : *Investigación en la Escuela*. No. 30. pp. 15-26.

ANDERSON, R. D. y MLTCHENER, C. R (1994). "Research on science teacher education". In : GABER, D. L. (ed.). (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan.

ATWATER, M. M. (1994). "Research on cultural diversity in the classroom". In : GABEL, D. L (ed.). (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co.

AUSUBEL, D. E (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston. Versión española: *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

- BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- BAILLO, M. (1992). *Razonamiento, teorías causales y conflicto cognitivo en la solución de problemas de densidad*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Facultad de Psicología.
- BAKER, D.R. (1998). "Equity Issues in Science Education". En : FRESER, B. J. y TOBIN, K. G. (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- BARBERA, O. y SANJOSÉ, V. (1990). "Juegos de simulación por ordenador: un útil para la enseñanza a todos los niveles". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 8, No. 1. pp. 46-51.
- BAUMAN, R. (1983). "Research, anyone?". In : *The Physics Teacher*. No. 21. pp. 77 y 113.
- BELL, B. (1998). "Teacher development in Science Education". In : FRESER, B. J y TOBIN, K. G. (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- BENLLOCH, M. (1993). *La génesis de las ideas sobre la composición de la materia*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Facultad de Psicología.
- BERGER, C. F. (1979) "What are the implications of paradigms research for science Education Research?". In : *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 16, No. 6. pp. 517-521.
- BOWEN, B. L. (1975). "The need for paradigms in science education research". In : *Science Education*. Vol. 59, No. 3. pp. 423-430.
- BRISCOE, C. (1991). "The dynamic interactions among beliefs, role metaphores and teching practices. A case study of teacher change". In : *Science Education*. Vol. 75, No. 2. pp. 185-199.
- BURBULES, N. y LINN, M. (1991). "Science education and philosophy of science: congruence or contradiction?". In : *International Journal of Science Education*. Vol. 13, No. 3. pp. 227-241.
- BYBEE, R. W. y BEN ZVI, N. (1998). "Science Curriculum: transforming goals to practices". In : FRASER, B. J. y TOBIN, K. G. (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.

BYBEE, R. W. y DEBOER, G. E. (1994). "Research on goals for the science curriculum". In : GABEL, D. L. (ed.j. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* New York: MacMillan Pub Co.

CAAMAÑO, A. (1992). *Concepciones de los alumnos sobre compuestos, estructura de la materia y el cambio químico*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Facultad de Químicas.

CAAMAÑO, A.; CARRASCOSA, J. y OÑORBE, A. (1994). "Los trabajos prácticos en las ciencias experimentales". En : *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Vol. 2. pp. 4-5.

CAÑAL, E (1990). *La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

_____ (1998). *Proyecto docente*. Obra inédita. Universidad de Sevilla.

CAÑAL, E, y PORLÁN, R. (1988). "Bases para un programa de investigación en torno a un modelo didáctico de tipo sistémico e investigativo". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 6, No. 1. pp.54-60

CARNICER, J. (1998). *El cambio didáctico en el profesorado de ciencias mediante tutorías en equipos cooperativos*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.

CARRASCOSA, J. (1983). "Errores conceptuales en la enseñanza de las ciencias: Selección bibliográfica". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 1. pp. 63-65.

_____ (1985). "Errores conceptuales en la enseñanza de la física y la química: una revisión bibliográfica". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 3, No. 3. pp. 230-234.

_____ (1987). *Tratamiento didáctico en la enseñanza de las ciencias de los errores conceptuales*. Tesis doctoral. Valencia: Servei de Publicacions de la Universitat de Valencia.

CARRASCOSA, J., y GIL, D. (1992). "Concepciones alternativas en mecánica". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 10, No. 3. pp. 314-328.

CARRASCOSA, J. y MARTÍNEZ, S. (1997). *Problemas, cuestiones y ejercicios de física*. Madrid: Santularia.

CARRETERO, M. (1987). Prólogo del libro de POZO, J. *El aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.

CARRETERO, M. y LIMÓN, M. (1996). "Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica". En: RODRIGO M. J. y ARNAY, J. (eds.). *La construcción del conocimiento escolar. Ecos de un debate*. Buenos Aires: Aique.

CATALÁN, A, y CATANY, M. (1996). *Educación ambiental en la Enseñanza Secundaria*. Madrid: Miraguano Ediciones.

CEBRIÁN, L. (1998). *La Red*. Madrid: Santillana, S.A. Taurus.

CERVANTES, A. (1987). "Los conceptos de calor y temperatura: una revisión bibliográfica". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 5. pp. 66-70.

COLL, C. (1988). *Conocimiento psicológico y práctica educativa*. Barcelona: Barcanova.

DE MANUEL, J. y GRAU, R. (1996). "Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico". En : *Alambique*. Vol. 7. pp. 53-63.

DE POSADA, J. M. (1993). *Estudio de los constructos de los alumnos y análisis secuencial de libros de texto en los niveles de BUPy COL/en relación con la estructura de la materia y el enlace químico*. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.

DE SELYS, G. (1998). "La escuela, gran mercado del siglo XXI". En : *Le Monde Diplomatique*. Edición española. Número de junio, pp. 28-29.

DEL CARMEN, L. (1995). "Presentación de la monografía la evaluación de los aprendizajes". En : *Alambique*. No. 4, pp. 4-5.

_____ 1996. *El análisis y secuenciación de los contenidos educativos*. Barcelona: Horsori.

DEL CARMEN, L. et al. (1997). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

DEWEY, J. (1916). *Democracia y educación*. Edición española de 1997 en Madrid: Morara.

DRIVER, R. (1973). *The representations of conceptual frameworks in young adolescents science students*. Tesis doctoral, Urbana, Illinois. University of Illinois.

_____ (1988). "Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 4, No. 1. pp. 3-15.

DRIVER, R. y EASLEY, J. (1978). "Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students". In : *Studies in Science Education*. Vol. 10. pp 37-70.

DRIVER, R. y OLDHAM, V (1986). "A constructivist approach to curriculum development in science". In : *Studies in Science Education*. Vol. 13. pp. 105-122.

DUIT, R. (1993). *Research on students' conceptions. Developments & trends*. Paper presented at the «Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics». USA: Cornell University. Ithaca.

DUIT, R. y TREAGUST, D. F. (1998), "Learning in science. From behaviorism towards social constructivism and beyond". In : FRESER y TOBIN (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.

DUSCHL, R. (1990). *Restructuring Science Education*. New York: Teacher College Press.

DUSCHL, R. y GITOMER, D. (1991), "Epistemological Perspectives on conceptual change: implications for educational practice". In : *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 28, No. 9. pp. 839-858.

ERIKSON, F. (1998). "Qualitative Research Methods for Science Education". In : FRESER y TOBIN (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.

ERNST, P (1993). "Constructivism, the psychology of learning, and the nature of mathematics: some critical issues". In : *Science & Education*. Vol. 2. pp. 87-93.

- FREDETTE, N. y LOCHHEAD, J. (1981). "Students conceptions of electric current". In : *The Physics Teacher*. Vol 18. pp. 194-198.
- FOUREZ, G. (1997). *Alfabetización científicaytecnológica. Acerca délas finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.
- FRASER, B. J. (1994). "Research on classroom and school climate". En: GABEL D. L (ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co.
- FRASER, B. y TOBIN, K. G. (eds.). (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- FURIÓ, C. (1986). "Metodología utilizada en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la química". En : *Enseñanza délas Ciencias*. Vol. 4, No. 1. pp. 73-77.
- FURIÓ, C. y GIL, D. (1989). "La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado: una orientación y un programa teóricamente fundamentados". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 7, No. 3. pp. 257-265.
- GABEL, D. L (ed.). (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co.
- GARCÍA, J. E. (1987). "La interacción con el medio en relación con la investigación en la escuela". En : *Investigación en la Escuela*. Vol. 1. pp. 58-62.
- GARCÍA, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Diada
- GELI, A. M. (1986). *¿'evaluado de la Biología en la segona etapa d'EGB*. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- GENE, A. (1986). *Transformado deis treballs pràctics de Biología: una proposta teóricament fonamentada*. Tesis doctoral. Barcelona: Biblioteca de la Facultat de Biología de la Universitat de Barcelona.
- GIL, D. (1982). *El profesorado y la investigación educativa*. Primeras jornadas de investigación didáctica en física y química. Valencia: ICE. pp. 537-540.

- _____ (1983). "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 1, No. 1. pp. 26-33.
- _____ (1993). "Psicología educativa y didáctica de las ciencias. Los procesos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias como lugar de encuentro". En : *Infancia y Aprendizaje*. No. 62-63. pp. 171-186.
- _____ (1993b). "Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 11, No. 2. pp. 197-212.
- _____ (1994). "Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 12, No. 2. pp. 154-164.
- _____ (1996). "New Trends in Science Education". In : *International Journal of Science Education*. Vol. 18, No. 8. pp. 889-901.
- _____ (1998). "El papel de la educación ante las transformaciones científico-tecnológicas". En : *Revista Iberoamericana de Educación*. Vol. 18. pp. 69-90.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1985). "Science learning as a conceptual and methodological change". In: *European Journal of Science Education*. Vol. 7, No. 3. pp. 231-236.
- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; DUMAS-CARRÉ, A.; FURIÓ, C. et al. (1999). "¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 17, No. 3.
- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GIL, D.; FURIÓ, C. y GAVIDIA, V (1998). "El profesorado y la reforma educativa en España". En : *Investigación en la Escuela*. No. 36. pp. 49-64.
- GIL, D.; FURIÓ, G; VALDÉS, E et al. "¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 17, No. 2. pp. 311-320.

GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987). "Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias". En : *Investigación en la Escuela*. Vol. 3. pp. 3-12.

_____ (1987b). *La resolución de problemas de física*. Madrid: Ediciones del M.E.C.

GIL, D. y PESSOA, A. (1994). *Formación del profesorado de las ciencias*. Madrid: Editorial Popular.

GIL, D. y VALDÉS, R (1995). "Un ejemplo de práctica de laboratorio como actividad investigadora". En : *Alambique*. Vol. 6. pp. 93-102.

GIL, D.; VILCHES, A.; ASTABURUAGA, R. y EDWARDS, M. (1999). "La transformación de las concepciones docentes sobre la situación del mundo: un problema educativo de primera magnitud". En : *Revista Pensamiento Educativo*. Vol. 24. pp. 131-164.

GILBERT, J. K. (1992), "The interface between science education and technology education". In : *International Journal of Science Education*. Vol. 14, No. 5. pp. 563-578.

GIORDAN, A. (1978). "Observation-Experimentation: mais comment les élèves apprennent-ils?". In : *Revue Française de Pédagogie*. Vol. 44. pp. 66-73. Traducción española en *Infancia y Aprendizaje*. No. 13. 1978.

_____ (1989). "De las concepciones de los alumnos a un modelo de aprendizaje alostérico". In : *Investigación en la Escuela*. Vol. 8. pp. 3-14.

_____ (1996). "¿Cómo ir más allá de los modelos constructivistas? La utilización didáctica de las concepciones de los estudiantes". En : *Investigación en la Escuela*. Vol. 28. pp. 7-22.

_____ (1997). "¿Las ciencias y las técnicas en la cultura de los años 2000?". En : *Kikirikí*. No. 44-45. pp. 33-34

GONZÁLEZ, E. (1994). *Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de Física*. Tesis doctoral. Universitat de Valencia.

GRAU, R. (1993). "Revisión de concepciones en el área de la evolución". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 11, No. 1. pp. 87-89.

GRUENDER, C. D. y TOBIN, K. (1991). "Promise and Prospect". In : *Science Education*. Vol. 75, No. 1. pp. 1-8

GUTIÉRREZ, R. (1994). *Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la dinámica elemental*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

GUTIÉRREZ, R. et al. (1990). *La enseñanza de las ciencias en la educación intermedia*. Madrid: Narcea.

HASHWEH, M. Z. (1986). "Towards an explanation of conceptual change". In : *European Journal of Science Education*. Vol. 8, No. 3. pp. 229-249.

HEWSON, P W; BEETH, M. E. y THORLEY, R. N. (1998). "Teaching the conceptual change". In: FRASER, B. J. y TOBIN K. G (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.

HODSON, D. (1985). "Philosophy of science, science and science education". In : *Studies in Science Education*. Vo. 12. pp. 25-57.

_____ (1992). "In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education". In : *International Journal of Science Education*. Vol. 14, No. 5. pp. 541-566.

JIMÉNEZ, M. P (1987). "Preconceptos y esquemas conceptuales en biología". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 5, No. 2. pp. 165-167.

JIMÉNEZ, M. P (1988). "Enseñanza de las ciencias". En : *Cuadernos de Pedagogía*. Vol. 155. pp 8-10.

_____ (1990). *Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

_____ (1995). "La educación ambiental en los noventa". Presentación de un número monográfico. En : *Alambique*. No. 6. pp. 7-8.

_____ (1996). *Dubitar para aprender*. Vigo: Edicións Xerais de Galicia.

JIMÉNEZ, M. E y GARCÍA RODEJA, I. (1997). "Hipótesis, citas, resultados: reflexiones sobre la comunicación científica en didáctica de las ciencias". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 15, No. 1. pp. 11-19.

JIMÉNEZ, M. E y OTERO, L. (1990). "La ciencia como construcción social". En : *Cuadernos de Pedagogía*. Vol. 180. pp. 20-22.

JORBA, J. y SANMARTÍ, N. (1995). "Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos". En : *Alambique*. Vol. 4. pp. 59-77.

JOSUHA, S. y DUPIN, J. J. (1993). *Introduction á la didactique des sciences et des mathématiques*. París: PUF.

KAHLE, J. B. y MEECE, J. (1994). "Research on gender issues in the classroom". In : GABEL, D. L. (ed.). (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co.

KEEVES, J. P. (1998). "Methods and processes in research in science education". In : FRASE y TOBIN (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.

KEMPA, R. F. (1991). "Students' learning difficulties in science. Causes and possible remedies". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 9, No. 2.

KLOPFER, L. E. (1983). "Research and the crisis in science education". In : *Science Education*.. Vol. 67, No. 3. pp. 283-84.

LANGEVIN, E (1926). "La valeur éducative de l'histoire des sciences". In : *Bulletin de la Société Française de Pédagogie*. No. 22. décembre.

LAWSON, A. F. (1994). "Research on the acquisition of science knowledge: epistemological foundations of cognition". In: GABEL, D. L. (ed.). (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co.

LAZAROWITZ, R. y TAMIR, P. (1994). *Research on using laboratory instruction in science*. In : GABEL D. L. (ed.). (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* New York: MacMillan Pub Co.

- LEMKE, J. L. (1998). "Analysing verbal data: principles, methods and problems". In : FRASER y TOBIN (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- LINN, M. C. (1987). "Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations". In : *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 24, No. 3. pp. 191-216.
- LLORENS, (1987). *Propuesta y aplicación de una metodología para el análisis de la adquisición de conceptos en la introducción a la teoría atómico-molecular: percepción de los hechos experimentales, sus representaciones y el uso del lenguaje en alumnos de formación profesional y bachillerato*. Tesis doctoral. Universitat de Valencia. Departamento: Química-Física.
- LOWE, R. (1996). "¿Les nouvelles technologies, voie royale pour améliorer l'apprentissage des sciences par l'image?". En : *Áster*. Vol. 22. pp. 173-194.
- LUNETTA, V. N. (1998). "The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching". En: FRASE B. J. y TOBIN, K. G. (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- MEC. (1989). *Diseño curricular base. Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Ed. MEC.
- MALONEY, D. E (1994). "Research on problem solving: Physics". In : GABEL D. L. (ed.). (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and learning*. New York: MacMillan Pub Co.
- MANRIQUE, M. J.; VÁRELA, V. y FAVIERES, A. (1989). "Selección bibliográfica sobre esquemas alternativos de los estudiantes en electricidad". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 7, No. 3. pp. 292-295.
- MARÍN, N. (1994). *Evolución de los esquemas explicativos en situaciones de equilibrio mecánico*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- _____ (1999). "Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 17, No. 1. pp. 80-92.

MARTÍN DEL POZO, R. (1994). *El conocimiento del cambio químico en la formación inicial del profesorado. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de los estudiantes de Magisterio*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

MARTÍNEZ TERRADES, S. F. (1998). *La didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. Génesis, estado actual y perspectivas*. Tesis doctoral. Universitat de Valencia.

MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987). *La resolución de problemas de física como investigación: un instrumento de cambio metodológico*. Tesis doctoral. Facultad de Físicas. Universidad de Valencia.

MATTHEWS, M. R. (1994). "Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 12, No. 1. pp. 79-88.

McCLELAND, J. A. G. (1984). "Alternative frameworks: Interpretation of evidence". In : *European Journal of Science Education*. Vol. 6. pp. 1-6.

McDERMOTT, L. C. (1990). "A perspective on teacher preparation in physics - other sciences: the need for special science courses for teachers". In : *American Journal of Physics*. Vol. 58, No. 8. pp. 734-742.

McFARLANE, A. E. y FRIEDLER, Y. (1998). "Where you want it, when you want it: the role of portable computers in science education". In : FRASER y TOBIN (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.

MILLAR, R. y DRIVER, R. (1978 - 1987). "Beyond processes". In : *Studies in Science Education*. Vol. 14. pp. 33-62.

MILLOT, M. C. (1996). "Place des nouvelles technologies dans l'enseignement de la physique-chimie". In : *Didaskalia*. Vol. 8. pp. 97-109.

MONTANERO, M. (1994). *Aportaciones de nuevos elementos al modelo constructivista de enseñanza/aprendizaje aplicada a la enseñanza de la física*. Universidad de Extremadura.

MUMBY, H. y RUSELL, T. (1998). "Epistemology and context in research on learning to teach science". In : FRASER, B. J. y TOBIN, K. G. (eds.).

International Handbook of Science Education. London: Kluber Academic Publishers.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.

NICHOLS, S. E. et al. (1998). "Women in Science: expanding the vision". In : FRASER, B. J. y TOBIN, K. G. (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.

NOVAK, I. D. (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza Universidad.

_____ (1988). "Constructivismo humano: un consenso emergente". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 6, No. 3. pp. 213-223.

NÚÑEZ, F. (1994). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias. Aplicación al estudio de la nutrición humana en la educación secundaria obligatoria*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.

OLIVA, J. M. (1994). *Influencia de las variables cognitivas en la construcción de conocimientos de mecánica. Un estudio empírico y un análisis computacional*. Tesis doctoral. Madrid. Universidad Nacional a Distancia.

_____ (1999). "Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 17, No. 1. pp. 93-107.

OÑORBE, A. (1993). *Análisis de dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la resolución de problemas de física y química*. Tesis doctoral. Universidad de Alcalá de Henares.

_____ (1995). "La resolución de problemas" (presentación de un número monográfico). En : *Alambique*. Vol. 5. pp. 4-5.

OÑORBE, A. et al. (1993). *Resolución de problemas de física y química ESO. Una propuesta metodológica de enseñanza-aprendizaje*. Madrid: Akal.

OSBORNE, J. F. (1996). "Beyond constructivism". In : *Science Education*. Vol. 80, No. 1. pp.53-82.

OSBORNE, R. y WITTRICK, M. (1983). "Learning Science: a generative process". In : *Science Education*. Vol. 67. pp. 490-508.

PAYA, J. (1991). *Los trabajos prácticos en física y química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada*. Tesis doctoral. Universitat de Valencia.

PEDRINAZI, E. (1996). "Sobre la persistencia no de las ideas del alumnado en geología". En : *Alambique*. Vol. 7. pp. 27-36.

PENICK, J. E. y YAGER, R. E. (1986). "Trends in science education: some observations of exemplary programs in the United States". In : *European Journal of Science Education*. Vol. 8, No. 1. pp. 1-9.

PERALES, F. J. (1993). *El constructivismo en la didáctica de las ciencias. "Luces y sombras"*. XIV Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Cáceres.

PERALES, F. J. y NIEVAS, F. (1988). "Nociones de los alumnos sobre conceptos de óptica geométrica". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 6, No. 1. pp. 86-89.

PÉREZ DE EULATE, L. (1992). *Utilización de los conceptos previos de los alumnos en la enseñanza/aprendizaje de conocimientos en biología. La nutrición humana: una propuesta de cambio conceptual*. Tesis doctoral. Universidad País Vasco.

PÉREZ GÓMEZ, A. I. (1978). *Las fronteras de la educación. Epistemología y ciencias de la educación*. Madrid: Zero. (Citado por Coll, 1988).

PIAGET, J. (1969). *Psicología y Pedagogía*. Barcelona: Ariel.

PINTÓ, R. (1991). *Algunos conceptos implícitos en la primera y segunda leyes de la termodinámica*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

PINTÓ, R.; ALIBERAS, J. y GÓMEZ, R. (1996). "Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas". En: *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 14, No. 2. pp. 221-232.

POPE, M. L. y GILBERT, J. (1983). "Personal experience and the construction of knowledge in science". In : *Science Education*. Vol. 67. pp. 193-203.

PORLÁN, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

_____ (1993a). "La didáctica de las ciencias: una disciplina emergente". En : *Cuadernos de Pedagogía*. Vol. 210. pp. 68-71.

_____ (1993b). *Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: DIADA.

_____ (1998). "Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 16, No. 1. pp. 175-185.

PORLÁN, R. y MARTÍN, R. (1994). "El saber práctico de los profesores especialistas. Aportaciones desde las didácticas específicas". En : *Investigación en la Escuela*. Vol. 24. pp. 49-59.

PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada.

POSNER, G. J.; STRIKE; HEWSON, P. W. y GERTZOG, W. A. (1992 - 1982). "Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change". In : *Science Education*. Vol. 66. pp. 211-227.

POZO, J. I. (1987). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.

_____ (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.

_____ (1992). "El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos". En : COLL, POZO et al. (eds.). *Los contenidos en la Reforma. Enseñanza de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid: Santillana.

POZO, J. I. et al. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.

PUEY, L. (1992). *Alternativas en la introducción de conceptos de óptica en BUPy COU*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.

RAFEL, J. (1990). *Formado de conceptes al voltant deis canvis d'estat d'agregado de la materia. Cas particular: el equilibris líquid-vapor*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.

RAMÍREZ, L. (1990). *La resolución de problemas de física y química como investigación en la enseñanza media, un instrumento de cambio metodológico*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Barcelona.

RAMÍREZ, L.; GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1994). *La resolución de problemas de física y de química como investigación*. Madrid: MEC.

RESNICK, L. B. (1983). "Mathematics and Science Learning: a New Conception". In : *Science*. Vol. 220. pp. 477-478.

REYES, J. V. (1991). *La resolución de problemas de química como investigación: una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico*. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco.

SALINAS, J. (1994). *Las prácticas de física básica en laboratorios universitarios*. Tesis doctoral. Universitat de Valencia.

SANMARTÍ, N. (1990). *Estudio sobre las dificultades de los estudiantes en la comprensión de la diferenciación entre los conceptos de mezcla y de compuesto*. Tesis doctoral. Lleida. Facultat de Ciències Químiques de la Universitat Autònoma de Barcelona.

SCHECKER, H. E (1998). "Integration of experimenting and modelling by advanced educational technology: examples from nuclear physics". In : FRASER y TOBIN (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.

SERRANO, T (1987). "Representaciones de los alumnos en biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 5, No. 3. pp. 181-188.

_____ (1992). "El desarrollo conceptual del sistema nervioso en los niños de 5 a 14 años". En: *Modelos Mentales*. Universidad Complutense de Madrid.

SHULMAN, L. S. (1987). "Knowledge & Teaching: foundations of new reform". In : *Harvard Educational Review*. Vol. 57. pp. 1-22.

SIMPSON, R. D. et al. (1994). "Research on the affective dimensión of science learning". In : GABEL D. L. (ed.) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989). "Interacciones C/T/S: un instrumento de cambio actitudinal". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 7, No. 1. pp. 14-20.

_____ (1997). "STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry". In : *Science Education*. Vol. 81, No. 4. pp. 377-386.

SOLOMON, J. (1994). "The rise and fall of constructivism". In : *Studies in Science Education*. Vol. 23. pp. 1-19.

SONGER, N. B. (1998). "Can technology bring students closer to science?". In: FRASER y TOBIN (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.

SPITULNIK, M. W; STRATFORD, S.; KRAJCIK, J. y SOLOWAY, E. (1998). "Using Technology to support students' artefact construction in science". In : FRASER y TOBIN (eds.). *International Handbook of Science Education*. London:Kluber.

SUCHTING, W. A. (1992). "Constructivism deconstructed". In : *Science & Education*. Vol. 1, No. 3. pp. 223-254.

SUTTON, C. (1997). "Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje". En : *Alambique*. Vol. 12. pp. 8-32.

TAMIR, P. (1998). "Assessment and evaluation in science education: opportunities to learn and outcomes". In : FRASER, B. J. y TOBIN K. G. (eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.

TIBERGHIE, A. (1983). "La investigación en un laboratorio de didáctica de las ciencias físicas". En : *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 1, No. 3. pp. 187-192.

TIBERGHIE, A. (1985). "Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique de la physique". En : *Revue Française de Pédagogie*. Vol. 72. pp. 71-86.

TOULMIN, S. (1977). *la comprensión humana. I: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.

VALDÉS, R. y VALDÉS, R (1994). "Utilización de los ordenadores en la enseñanza de la física". En : *Revista Española de Física*. Vol. 8, No. 4. pp.50-52.

VAN DEN AKKER, J. (1998). "The Science Curriculum: between ideáis and outcomes". In : FRASER, B. J. y TOBIN K. G. (eds.). *International Handbook of Science Educa tion*. London: Kluber.

VÁRELA, P. (1994). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

_____ (1996). "Las ideas del alumnado en física". En : *Alambique*. pp. 45-52.

VIENNOT, L. (1976). *Le Raisonnement Spontane en Dynamique Elémentaire*. Tesis doctoral. Université París 7. (Publicada en 1979 por Hermán, París).

_____ (1989). "L'enseignement des sciences phusiques object de recherche". In : *Bulletin de Union desPhysiciens*. Vol. 716. pp. 899-910.

_____ (1997). "Former en didactique, former sur le contenu?". In : *Didaskalia*. Vol. 10. pp. 75-96.

WALLACE, J. Y LOUDEN, W. (1998). "Curriculum change in science: riding the waves of Reform". In : FRASER, B. J. y TOBIN, K. G. (eds.). *International Handbook of Science Educa tion*. London: Kluber Academic Publishers.

WANDERSEE, J. H.; MINTZES, J. J. y NOVAK, J. D. (1994). "Research on alternative conceptions in science". In : GABEL, D. L. (ed.). (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co.

WELCH, W. (1985). "Research in science education: review and recomendations". In : *Science Education*. Vol. 69. pp. 421-448.

WHITE, R. (1999 - 1998). "The revolution in research on Science Teaching". In : RICHARDSON, V. (ed.). *Handbook of Research on Teaching*. 4th Ed. En preparación.

YAGER, R. E. y KAHLE, J. B. (1982). "Priorities for needed policies and research in science education". In : *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 17. pp. 523-530.

YAGER, R. E. y PENICK, J. E. (1983). 'Analysis of the current problems with school science in the USA'. In : *European Journal of Science Education*. Vol. 5. pp. 463-459.

_____ (1986). "Perception of four groups towards science classes, teachers and value of science". In : *Science Education*. Vol. 70, No. 4. pp. 335-363.

