

Las relaciones CTS y la alfabetización científica y tecnológica

Amparo Vilches¹, Daniel Gil², Jordi Solbes³

¹Amparo.Vilches@uv.es, IES Sorolla, València

²Daniel.Gil@uv.es, Universitat de València

³IES Rodrigo Botet, Manises, València

Introducción

La alfabetización científica se ha convertido, en opinión de los expertos, en una exigencia urgente, en un factor esencial del desarrollo de las personas y de los pueblos. Así se afirma, p.e., en los National Science Education Standards, auspiciados por el National Research Council (1996), en cuya primera página podemos leer: “En un mundo repleto de productos de la indagación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos: todos necesitamos utilizar la información científica para realizar opciones que se plantean cada día; todos necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología; y todos merecemos compartir la emoción y la realización personal que puede producir la comprensión del mundo natural”. No es extraño, por ello, que se haya establecido una analogía entre la alfabetización básica, iniciada el siglo pasado, y el actual movimiento de alfabetización científica y tecnológica (Fourez, 1997).

Más recientemente, en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, se declaraba: “Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico. Como parte de esa educación científica y tecnológica, los estudiantes deberían aprender a resolver problemas concretos y a atender a las necesidades de la sociedad, utilizando sus competencias y conocimientos científicos y tecnológi-

cos". Y se añade: "Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad,... a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a las aplicaciones de los nuevos conocimientos" (Declaración de Budapest, 1999).

La importancia concedida a la alfabetización científica de todas las personas ha sido también puesta de manifiesto en gran número de investigaciones, publicaciones, congresos y encuentros que se vienen realizando bajo el lema de "ciencia para todos", (Bybee y DeBoer, 1994; Bybee, 1997; Marco, 2000). De hecho, en numerosos países, se han llevado o se están llevando a cabo reformas educativas que, como en el caso de España, contemplan la alfabetización científica y tecnológica como una de sus principales finalidades.

Ahora bien, es preciso preguntarse cómo se puede lograr una educación científica para todos, si la investigación en didáctica de las ciencias ha mostrado reiteradamente el grave fracaso escolar en las materias científicas, así como la falta de interés e incluso el rechazo de los estudios científicos por muchos estudiantes (Simpson y otros, 1994; Giordan, 1997; Furió y Vilches, 1997). Como es lógico, alfabetizar científica y tecnológicamente no significa simplemente extender a toda la población lo que hemos venido haciendo hasta aquí, puesto que ello ya sabemos que no funciona. Es necesario, pues, precisar, en primer lugar, qué se entiende por alfabetización científica y, a continuación, estudiar en qué dirección avanzar para lograrla, analizando, en particular, algunas de las dificultades que nos podemos encontrar.

¿Qué se entiende por alfabetización científica?

Aunque la idea de alfabetización científica cuenta con una tradición que se remonta, al menos, a finales de los años 50 (DeBoer, 2000), es, sin duda, durante la última década, cuando esa expresión ha adquirido categoría de eslogan amplia y repetidamente utilizado por los investigadores, diseñadores de currículos y profesores de ciencias (Bybee, 1997). Detrás de esa expresión existen diferentes significados, por lo que Bybee sugiere acercarse al concepto aceptando su carácter de metáfora, lo que permite enriquecer su contenido y rechazar su sentido literal, exclusivamente como definición funcional que incluye el simple manejo del vocabulario científico.

Este concepto sugiere unos objetivos básicos para *todos* los estudiantes, que convierten a la educación científica en parte de una educación general. Hablar de alfabetización científica, de ciencia para todos, supone para muchos autores pensar en un mismo currículo básico para todos los estudiantes, como proponen, por ejemplo, los National Science Curriculum Standards (National Research Council, 1996) y requiere estrategias que impidan la incidencia de las desigualdades sociales en el ámbito educativo (Bybee y DeBoer, 1994; Baker, 1994; Marchesi, 2000).

Pero, ¿cuál debería ser ese currículo científico básico para todos los ciudadanos? Existe un amplio movimiento educativo detrás de este enfoque curricular que plantea diversas propuestas, tanto referentes al significado del concepto, como a de qué modo lograrlo. Marco (2000) señala ciertos elementos comunes en dichas propuestas:

- Alfabetización científica práctica, que permita utilizar los conocimientos en la vida diaria con el fin de mejorar las condiciones de vida, el conocimiento de nosotros mismos, etc.
- Alfabetización científica cívica, para que todas las personas puedan intervenir socialmente, con criterio científico, en decisiones políticas.
- Alfabetización científica cultural, relacionada con los niveles de la naturaleza de la ciencia, con el significado de la ciencia y la tecnología y su incidencia en la configuración social.
- Reid y Hodson (1993) proponen que una educación dirigida hacia una cultura científica básica debería contener:
 - Conocimientos de la ciencia –ciertos hechos, conceptos y teorías.
 - Aplicaciones del conocimiento científico –el uso de dicho conocimiento en situaciones reales y simuladas.
 - Habilidades y tácticas de la ciencia –familiarización con los procedimientos de la ciencia y el uso de aparatos e instrumentos.
 - Resolución de problemas –aplicación de habilidades, tácticas y conocimientos científicos a investigaciones reales.
 - Interacción con la tecnología –resolución de problemas prácticos, enfatización científica, estética, económica y social y aspectos utilitarios de las posibles soluciones.
 - Cuestiones socio–económico–políticas y ético–morales en la ciencia y la tecnología.
 - Historia y desarrollo de la ciencia y la tecnología.
 - Estudio de la naturaleza de la ciencia y la práctica científica –consideraciones filosóficas y sociológicas centradas en los métodos científicos, el papel y estatus de la teoría científica y las actividades de la comunidad científica.

Podemos apreciar ante las diferentes propuestas, incluidas las indicadas en los objetivos de la propia LOGSE (MEC, 1992), que se trata de tener en cuenta en la enseñanza otras dimensiones de la ciencia que hasta ahora no han sido incluidas, en particular, las interacciones de la ciencia y la tecnología con el medio natural y social, es decir, las relaciones CTS o, como algunos autores prefieren denominar, CTAS (Ciencia, Tecnología, Ambiente y Sociedad), a las que nos referiremos en el apartado siguiente.

Contribución de las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad a la consecución de una alfabetización científica y tecnológica para todos

Como acabamos de ver, la dimensión CTS aparece impregnando las diferentes propuestas curriculares que promueven una educación científica para todos. Así, según Bybee (1997), la alfabetización científico–tecnológica multidimensional, “se extiende más allá del vocabulario, de los esquemas conceptuales y de los métodos procedimentales, para incluir otras dimensiones de la ciencia: debemos ayudar a los estudiantes a desarrollar perspectivas de la ciencia y la tecnología que incluyan la historia de las ideas científicas, la naturaleza de la ciencia y la tecnología y el papel de ambas en la vida personal y social. Éste es el nivel multidi-

mensional de la alfabetización científica (...) Los estudiantes deberían alcanzar una cierta comprensión y apreciación global de la ciencia y la tecnología como empresas que han sido y continúan siendo *parte de la cultura*".

Existe, pues, una convergencia básica de distintos autores en la necesidad de ir más allá de la habitual transmisión de conocimientos científicos, de incluir una aproximación a la naturaleza de la ciencia y a la práctica científica y, sobre todo, de poner énfasis en las relaciones ciencia, tecnología y sociedad, con vistas a favorecer la participación de todas las personas en la toma fundamentada de decisiones (Aikenhead, 1985).

De este modo, se comprende que la dimensión CTS constituya un instrumento imprescindible para lograr las finalidades que promueven una alfabetización científica y tecnológica de las personas. El reconocimiento de este papel de la dimensión CTS es fruto de un campo de trabajo interdisciplinar, fuertemente consolidado en el ámbito internacional, centrado en la comprensión de la ciencia y la tecnología, tanto en lo que se refiere a factores económicos, políticos o culturales implicados en los desarrollos científicos y tecnológicos, como a las consecuencias de dichos cambios en la sociedad y el medio. En particular, en la didáctica de las ciencias, las interacciones CTS constituyen una fructífera línea de investigación desde hace años, que promueve programas, cursos e investigaciones en diferentes niveles educativos en torno a los aspectos sociales y medioambientales de la ciencia y la tecnología. (Sanmartín y otros, 1992; AA. VV., 1995; Solbes y Vilches, 1997; López Cerezo y Sánchez Ron, 2001).

Además, la investigación didáctica ha puesto de manifiesto que el tener en cuenta en las clases de ciencias los contenidos CTS aumenta el interés de los estudiantes hacia la ciencia y mejora su actitud hacia su estudio. Esto es comprensible si se tiene en cuenta que frecuentemente se presentan las materias científicas de forma que los estudiantes las ven como algo abstracto y puramente formal, sobre todo en el caso de la física y la química, como un dominio reservado a minorías especialmente dotadas y contribuyendo al elitismo con tratamientos puramente operativos, no significativos (Gil y otros, 1991).

Pero la atención a esta dimensión CTS en la enseñanza no debe interpretarse como una "desviación" destinada a hacer la ciencia asequible a todos los ciudadanos, para dirigirse a estudiantes la mayoría de los cuales no están preparados ni interesados por la ciencia, lo que obliga a un enfoque más sencillo de las disciplinas, perjudicando claramente la preparación de los que pretenden ser científicos.

Muy por el contrario, significa una reorientación en la enseñanza de las ciencias, absolutamente necesaria también para los futuros científicos (Gil y Vilches, 2001). Como han mostrado recientes investigaciones, dicha reorientación resulta imprescindible para modificar imágenes deformadas de la ciencia, muy extendidas (Fernández, 2000), y para hacer posible un aprendizaje significativo y favorecer el interés de los estudiantes hacia la misma.

En efecto, dichas investigaciones han mostrado las discrepancias entre la visión de la ciencia proporcionada por la epistemología contemporánea y ciertas concepciones y prácticas docentes, ampliamente extendidas, que conciben la actividad científica como un conjunto rígido de etapas a seguir mecánicamente (observación, acumulación de datos...),

resaltando lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc., pero olvidando, o incluso rechazando, todo lo que significa invención, creatividad, duda... Por otra parte, los conocimientos científicos fruto de esta metodología, aparecen como “descubrimientos” de genios aislados, encerrados en torres de marfil y ajenos a las necesarias tomas de decisión, ignorándose así tanto el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos, como las complejas relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS). Todo ello hace que una enseñanza, supuestamente dirigida a la formación de científicos, proporcione una imagen de la ciencia que, además de falsa, resulta escasamente atractiva, dificultando el interés del alumnado hacia los estudios científicos (Solbes y Vilches, 1997).

Hay que señalar, por otra parte, que esta enseñanza centrada fundamentalmente en los aspectos conceptuales, además de proporcionar una visión deformada y empobrecida de la ciencia y la tecnología que favorece los movimientos anti-ciencia, dificulta, paradójicamente, el aprendizaje conceptual. La investigación, tanto en el campo de las preconcepciones, como en el de los trabajos prácticos, la resolución de problemas o la evaluación, está mostrando que la comprensión significativa de los conceptos exige superar el reduccionismo conceptual y plantear la enseñanza de las ciencias como una actividad, próxima a la investigación científica, que integra los aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos (Hodson, 1992).

Tras la idea de alfabetización científica y de una mayor atención a la dimensión CTS no debe verse, pues, una merma de la calidad educativa. Resulta esencial romper con estas interpretaciones erróneas de lo que supone esa alfabetización y valorar positivamente la orientación multidimensional de la educación científica, que resultará beneficiosa y favorecerá el aprendizaje de *todos, incluidos los propios científicos*

Cabe señalar, por otra parte, que cuando hablamos de tener en cuenta la dimensión CTS no nos estamos refiriendo simplemente a añadir nuevos contenidos a los temas y tratamientos habituales. La dimensión CTS en la enseñanza se debe entender como parte de la *inmersión en una cultura científica*, una inmersión destinada a favorecer una auténtica alfabetización científica y tecnológica.

¿A qué nos referimos al hablar de la inmersión en una cultura científica?

La inmersión en una cultura científica supone, en esencia, aproximar el aprendizaje de las ciencias a lo que constituye la actividad de los científicos, es decir, a los procesos de investigación *en torno a problemas relevantes*. Ello ha sido expresado, de una u otra forma, por numerosos autores, como se recoge, p.e., en diversos handbooks (Gabel, 1994; Fraser y Tobin, 1998; Perales y Cañal, 2000). En síntesis, estas investigaciones proponen la necesidad de pasar de la simple transmisión de conocimientos ya elaborados –que ha mostrado reiteradamente su ineficacia– a plantear el aprendizaje como construcción de conocimientos a través del tratamiento de situaciones problemáticas que los estudiantes puedan considerar de interés.

Se propone, así, un tratamiento que no puede traducirse en fórmulas sencillas, sino que ha de contemplarse *como una actividad con aspira-*

ción científica, abierta y creativa, debidamente orientada por el profesor, que incluya, entre otros (Gil y otros, 1999):

- La *consideración del posible interés y relevancia de las situaciones* propuestas que dé sentido a su estudio y evite que los alumnos se vean sumergidos en el tratamiento de una situación sin haber podido siquiera formarse una primera idea motivadora.
- El *estudio cualitativo de las situaciones problemáticas* planteadas y la toma de decisiones, para acotar problemas y operativizar qué es lo que se busca (oportunidad para que los estudiantes comiencen a explicitar *funcionalmente* sus concepciones).
- La *invención de conceptos y emisión de hipótesis*, (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones susceptibles de ser sometidas a prueba).
- La *elaboración de estrategias de resolución* (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para contrastar las hipótesis, a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone.
- La resolución y el análisis de los resultados, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de estudiantes y por la comunidad científica. Ello puede convertirse en oportunidad de conflicto cognoscitivo entre distintas concepciones (tomadas todas ellas como hipótesis) y obligar a concebir nuevas conjeturas y a replantear la investigación.
- *El manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones*, poniendo un énfasis especial en las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad que enmarcan el desarrollo científico, propiciando, a este respecto, la toma fundamentada de decisiones.

Se insiste, además, en la necesidad de dirigir todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene toda ciencia, favoreciendo, para ello, las *actividades de síntesis* (esquemas, memorias, resúmenes, mapas conceptuales...), la *elaboración de productos* (susceptibles de romper con planteamientos excesivamente escolares y de reforzar el interés por la tarea) y la concepción de nuevos problemas.

Es preciso señalar que estas orientaciones no constituyen un algoritmo destinado a guiar paso a paso la actividad de los alumnos, sino indicaciones que pretenden llamar la atención sobre aspectos esenciales en la construcción de conocimientos científicos que, a menudo, no son suficientemente tenidos en cuenta en la enseñanza de las ciencias, como los relativos al manejo significativo de los conceptos, a la familiarización con las estrategias del trabajo científico, a los problemas de contextualización del trabajo científico (relaciones CTS, toma de decisiones...) y a los componentes afectivos (interés por la tarea, actitudes, clima de trabajo, etc.). Desde esta perspectiva, se comprende que la dimensión CTS constituya una parte fundamental de la inmersión en una cultura científica, donde los distintos aspectos interaccionan y se apoyan mutuamente.

Por último, nos detendremos en analizar algunas de las dificultades que la introducción de estos objetivos encuentra, a pesar del impulso recibido desde la investigación e innovación, y de que, en gran parte, las propuestas han sido incorporadas en los currículos de las disciplinas científicas.

Algunas dificultades para lograr la alfabetización científica de todas las personas

Un primer problema con el que nos encontramos es el de las expectativas negativas que gran parte de la sociedad, y del profesorado en particular, transmiten de la necesaria extensión de la educación (en este caso de la educación científica) a toda la población. Esas expectativas responden a temores y rechazos que entran en contradicción con la necesidad de lograr una educación científica para todos. Es determinante el papel jugado por el clima social, las expectativas sociales en torno a quiénes pueden o no recibir una educación científica. Si estas expectativas no se superan, es imposible pensar en lograr la alfabetización científica y tecnológica de la que se favorecerán todas las personas, como ha ocurrido en otras ocasiones, a medida que se ha ido extendiendo la escolarización obligatoria (Gil y Vilches, 1999).

Precisamente, uno de los resultados de la línea de investigación Effective School Research (Rivas, 1986) apunta hacia la necesidad de transformar dichas expectativas negativas del profesorado para lograr una enseñanza eficaz. Se trata de una línea de investigación que contrasta con la generalidad de las investigaciones educativas que, como sabemos, suelen partir de las dificultades, de lo que funciona mal, con el propósito de comprender las causas y concebir y ensayar soluciones. El enfoque de la Effective School Research ha sido radicalmente distinto ya que ha consistido en buscar un número suficiente de centros en los que la enseñanza funcione bien (es decir, en los que los estudiantes y profesores se sientan a gusto, en los que los estudiantes salgan bien preparados, etc.) y ver qué es lo que caracteriza dichos centros.

Los resultados de más de veinte años de investigación mostraron que una de las características más importantes de dichos centros son las altas expectativas que los profesores de los centros eficaces poseen y transmiten a sus alumnos, así como, entre otras, el seguimiento continuo del trabajo de los estudiantes, la retroalimentación que los profesores realizan de las tareas realizadas y el ambiente ordenado de disciplina compartida. Dicha línea de investigación resalta, así mismo, la importancia que juega la elaboración de un proyecto de centro con la participación de los estudiantes, con el objetivo de establecer un conjunto limitado de objetivos básicos, bien definidos y alcanzables, sobre los que se concentran los esfuerzos de todos los miembros de la comunidad escolar.

Un segundo obstáculo para lograr la alfabetización científica y tecnológica es la escasa aceptación por el profesorado de las propuestas de innovación que nos son transmitidas por los currículos oficiales. La investigación ha venido señalando (Gil, Furió y Gavidia, 1998) que es necesario que los profesores participemos en la construcción de los nuevos conocimientos didácticos, abordando los problemas que la enseñanza plantea, para hacer nuestros y llevar adelante la innovación y los resultados de investigaciones fundamentadas. Se requiere pues que los profesores y profesoras podamos implicarnos en tareas de innovación e investigación en torno a los problemas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias que nos plantea la actividad docente.

Es justamente esta necesaria implicación del profesorado en tareas de innovación e investigaciones educativas otro de los aspectos destacados entre las características de las escuelas eficaces (Rivas, 1986). Los profesores adquieren con su participación en tareas de formación permanente, se señala, las características de investigadores en acción que realizan un trabajo abierto, creativo y relevante, que les permite superar el clima de frustración que en ocasiones acompaña a la actividad docente.

La necesidad de asociar las reformas educativas a una adecuada (auto)formación del profesorado surge, pues, frente a las dificultades aparecidas en los procesos de reforma. No podemos extendernos aquí en detallar algunas orientaciones recogidas abundantemente en la literatura sobre la formación del profesorado (Porlán, 1993; Bell, 1998; Gil, Furió y Gavidia, 1998), en torno, tanto a su formación científica, como a su preparación docente.

Señalaremos, únicamente, que esta autoformación, necesaria para el logro una alfabetización científica para todos, se ve muy seriamente dificultada por algo generalmente aceptado por la sociedad y las mismas autoridades académicas: la suposición de que la tarea docente consiste, casi exclusivamente, en el trabajo en el aula ante los estudiantes. Por el contrario, *para un trabajo docente eficaz es imprescindible que se facilite el tiempo y las condiciones materiales necesarias, tanto para la preparación y seguimiento del trabajo en el aula, como para participar en actividades de innovación e investigación educativas.*

Se trata de un objetivo extremadamente exigente desde muchos puntos de vista (incluido el presupuestario) y, por tanto, solidario de una profunda reconsideración del papel de la educación en nuestras sociedades (Gil, Furió y Gavidia, 1998; Pozo y otros, 1998). Una reconsideración que se impondrá en la medida en que la sociedad comprenda, no sólo el papel esencial que en su desarrollo juega la educación y, en particular, la educación científica, sino también su complejidad y la necesidad de crear condiciones adecuadas.

Consideraciones finales

Hemos de ser conscientes, en definitiva, *para seguir avanzando hacia el objetivo de* lograr una alfabetización científica y tecnológica para todos, de las muchas dificultades con las que nos encontramos y de que no existen soluciones fáciles, pero también que dichas soluciones son posibles y que es necesario, y puede resultar muy gratificante, trabajar por su consecución.

En ese sentido, y a modo de resumen, podemos señalar que el tener en cuenta la dimensión CTS en la enseñanza, desde el planteamiento de los problemas que están en el origen de los conocimientos estudiados, hasta la consideración de las perspectivas abiertas y la necesaria toma de decisiones, contribuye a dar sentido a dichos conocimientos, algo imprescindible para hacer posible la alfabetización científica del conjunto de ciudadanos y ciudadanas.

Las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad se convierten así en una dimensión esencial para una adecuada inmersión en la cultura científica, es decir, para la educación científica que precisamos todas las personas, incluidos los futuros científicos y científicas.

Bibliografía

- AA.VV. (1995). La Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Monográfico. Alambique, 3.
AIKENHEAD, G.S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69(4), 453-475.

- BAKER, D. R. (1994). Equity Issues in Science Education. En Fraser, B.J y Tobin, K. G. (Eds) International Handbook of Science Education. London: Kluber.
- BELL, B. (1998). Teacher development in science education. En FRASER, B.J. y TOBIN, K. G. (Eds.). International Handbook of Science Education. Dordrecht: Kluber.
- BYBEE, R. (1997). Towards an Understanding of Scientific Literacy. En GRAEBER, W., BOLTE, C. (Eds) Scientific Literacy. Kiel: IPN.
- BYBEE, R. y DEBOER, G. B. (1994). Research on goals for the science curriculum. En Gabel, D. L. Handbook of Research en Science Teaching and Learning. New York: MacMillan P.C.
- DEBOER, G.B. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.
- DECLARACIÓN DE BUDAPEST (1999). Marco general de acción de la declaración de Budapest, <<http://www.oei.org.co/cts/budapest.dec.htm>>.
- FERNÁNDEZ, I. (2000). Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universitat de València.
- FOUREZ, G. (1997). Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Buenos Aires: Colihue.
- FRASER, B. y TOBIN, K. G. (Eds) (1998). International Handbook of Science Education London: Kluber Academic Publishers.
- FURIÓ, C. y VILCHES, A. (1997). Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones ciencia, tecnología y sociedad. En del Carmen, L. (Ed), La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria. Barcelona: Horsori.
- GABEL, D. L. (ed.), (1994). Handbook of Research on Science Teaching and Learning N.Y.: MacMillan Pub Co.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ, C., GALLEGO, R., GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., PESSOA DE CARVALHO, A. M^a, SALINAS, J., TRICÁRICO, H. y VALDÉS, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las ciencias*, 17 (3), 503- 512.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MTNEZ-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. *Investigación en la Escuela*, 36, 49-64.
- GIL, D. y VILCHES, A. (1999). Problemas de la educación científica en la enseñanza secundaria y en la universidad: contra las evidencias. *Revista Española de Física*, 13 (5), 10-15.
- GIL, D. Y VILCHES, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43 (aceptado para publicación).
- GIORDAN, A. (1997). ¿Las ciencias y las técnicas en la cultura de los años 2000? *Kikiriki*, N° 44-45, pp 33-34.
- HODSON, D., (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education, *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.
- LÓPEZ CERREZO, J.A. y SÁNCHEZ RON, J.M. (2001). Ciencia, Tecnología, Sociedad y Cultura en el cambio de siglo. Madrid: Biblioteca Nueva.
- MARCO, B. (2000). La alfabetización científica. En Perales, F. Y Cañal, P. (Eds.): *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 141-164. Alcoi: Marfil.

- MARCHESI, A. (2000). Un sistema de indicadores de desigualdad educativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 23, 135-163.
- MEC (1992). Secundaria Obligatoria. Área de ciencias de la naturaleza. Madrid: MEC.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, (1996), National Science Education Standards. Washington, D.C.: National Academy Press.
- PERALES, J. y CAÑAL, P. (2000). Didáctica de las Ciencias: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias. Alcoi: Marfil.
- PORLÁN, R. (1993). Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de Enseñanza Aprendizaje basado en la investigación. Sevilla: Diada.
- POZO, J. I., SCHEUER, N., PÉREZ ECHEVERRÍA, M.P. y MATEOS, M. (1998). El cambio de las concepciones de los profesores sobre el aprendizaje. En Sánchez Jiménez JM, (Ed). *Educación científica*, 29-53. Alcalá de Henares: Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá.
- REID, D.V. Y HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.
- RIVAS, M. (1986). Factores de eficacia escolar: una línea de investigación didáctica. *Bordón*, 264, 693-708.
- SANMARTÍN, J., CUTCLIFFE, S.H., GOLDMAN, S.L. y MEDINA, M. (1992). *Estudios sobre Sociedad y Tecnología*, Barcelona: Anthropos.
- SIMPSON, R.D. y otros. (1994). Research on the affective dimension of science learning. En Gabel, D.L (ed.), 1994, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. N.Y.: MacMillan Pub Co.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81 (4), 377-386.