

15

Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias

*Jordi Solbes
Amparo Vilches
Daniel Gil*

LOS CAPÍTULOOS precedentes nos han mostrado un amplio panorama de *la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad*. Dicho panorama nos ha ido ofreciendo predicciones y aspiraciones sobre el papel de las relaciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias, puesto que se trata de un movimiento curricular en marcha, que está lejos de haber alcanzado sus objetivos. Resulta conveniente, sin embargo, proceder a una reflexión globalizadora de las tendencias que han quedado apuntadas. Ése es el objetivo de este epílogo.

CONSOLIDACIÓN DE UN NUEVO MODELO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Quisiéramos enfatizar, en primer lugar, que no es posible concebir el papel de las interacciones CTS sin referirnos a la globalidad del enfoque dado a la enseñanza de las ciencias. Como ya se ha señalado en el capítulo 11, un modelo de enseñanza es algo más que un conjunto de elementos yuxtapuestos e intercambiables. En particular, como ha expresado con rotundidad Hodson (1992),

"no es posible separar estos tres elementos: aprender ciencias (adquirir el conocimiento conceptual y teórico), aprender acerca de la ciencia (desarrollar una cierta comprensión de la naturaleza de la ciencia, sus métodos y sus complejas interacciones con la sociedad) y hacer ciencia (implicarse en tareas de indagación científica y adquirir un cierto dominio en el tratamiento de problemas)".

El futuro de la dimensión CTS aparece, así, vinculado al de toda la enseñanza de las ciencias, en cuya renovación ha de jugar un papel central, en la perspectiva de una alfabetización científico-tecnológica multidimensional, esencial para la educación general de todos los ciudadanos y ciudadanas, y también para la preparación inicial de los futuros científicos. Una alfabetización que debería ayudar, en palabras de Bybee (1997),

"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 multidimensional de la alfabetización científica".

Esta alfabetización multidimensional, recordemos, persigue facilitar, fundamentalmente, la implicación de los ciudadanos en la toma de decisiones en torno a los problemas de interacción CTS. Pero pretende también, nos recuerda Bybee, una "apreciación global de la ciencia y la tecnología como empresas que han sido y continúan siendo parte de la cultura". En ese sentido, el papel de la dimensión CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias aparece asociado a la necesaria transformación de la imagen pública de la ciencia, una cuestión que merece, a nuestro entender, una atención particular.

INCORPORACIÓN DE LA DIMENSIÓN CTS Y TRANSFORMACIÓN DE LA IMAGEN PÚBLICA DE LA CIENCIA

Es necesario señalar la dificultad de lograr la alfabetización científica si tenemos en cuenta el desinterés de los estudiantes hacia la ciencia y su enseñanza. Este problema ya fue puesto de manifiesto en las pasadas décadas y, como consecuencia, los estudios en dicho campo dieron lugar a numerosas investigaciones que, con propuestas desde los diferentes aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, trataban de paliar el problema (Solbes y Vilches, 1997). Pero, en la actualidad, no se puede decir que el problema esté resuelto, ya que se sigue constatando un escaso interés de los estudiantes hacia la ciencia, así como una imagen negativa de la misma y de su papel en la sociedad. Este problema se asocia al hecho del creciente abandono de los estudios científicos por los estudiantes y a la tendencia a la disminución de la presencia de las disciplinas científicas en muchos centros de secundaria (Matthews, 1991; Dunbar, 1999).

Entre las causas del desinterés, muchos autores coinciden en responsabilizar a la propia enseñanza (Barnes, 1987; Furió y Vilches, 1997). Esto es com-

previsible 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 *et al.*, 1991). Dunbar (1999) se pregunta, comparando con la educación musical, si tenemos que enseñar desde el principio solfeo (muchas fórmulas, lenguaje muy técnico, apenas trabajo experimental) o debemos enseñar a apreciar la música.

Los propios estudiantes, según diversas investigaciones (Penick y Yager, 1986; Matthews, 1991; Solbes y Vilches, 1997), coinciden en señalar como principal causa de su actitud desfavorable, de su desinterés hacia la ciencia y su aprendizaje, la presencia en la enseñanza de una ciencia descontextualizada de la sociedad y del entorno, poco útil y sin temas de actualidad, junto con otros factores, como el método de enseñanza del profesor, al que califican de aburrido y poco participativo, la escasez y la forma en que se realizan los trabajos prácticos y, especialmente, la falta de confianza en el éxito cuando son evaluados.

La imagen pública negativa de la ciencia y la tecnología se considera como uno de los factores externos que contribuye a ese desinterés (Chalmers, 1990; Holton 1996; Wolpert, 1992; Dunbar, 1999). A lo largo de la historia, dicha imagen ha afrontado la desconfianza y el rechazo, fruto de dogmatismos religiosos y políticos (baste recordar la condena de Galileo o la prohibición *actual* de explicar el evolucionismo en algunos estados de los EEUU), o la visión optimista de las fuerzas sociales progresistas acerca del papel de la ciencia para lograr, como afirmaba el gran científico francés Langevin, "la liberación de los espíritus" y el progreso social y económico. Hoy, sin embargo, se constata que los sentimientos anticientíficos se extienden a la generalidad de la población, que juzga a la ciencia culpable de la amenaza nuclear o de los problemas de contaminación y agotamiento de recursos.

La imagen descontextualizada, socialmente "neutra", que la enseñanza ha transmitido de la ciencia, ha contribuido a ese creciente desprestigio de la actividad científica y tecnológica: la *neutralidad* puede interpretarse lógicamente como *sometimiento* a intereses particulares, lo que para muchos convierte a la ciencia en responsable de los peligros de destrucción masiva o de la contaminación del planeta. Pero sería injusto y peligroso, advierte Sánchez Ron (1994), caer una actitud de rechazo absoluto: "es el conocimiento científico quien nos hace ser conscientes de algunos problemas medioambientales. ¿Conoceríamos sin la ciencia que existen agujeros en la capa de ozono? Y en lo que se refiere a identificar con claridad cuáles son las causas del deterioro de la naturaleza, ¿existe mejor analista que el científico?".

Estamos esencialmente de acuerdo con Sánchez Ron en estas consideraciones acerca de lo que él denomina "*el papel de la ciencia al servicio del medio ambiente*". Puede añadirse que las nuevas tecnologías, simbolizadas por los ordenadores, incrementan muy notablemente la eficiencia de los intercambios.

energéticos y reducen considerablemente el impacto sobre el medio. Pensamos, sin embargo, que debe matizarse su reflexión última en torno a la esperanza, gracias al conocimiento científico, de "*seguir disfrutando de idénticos, si no superiores, privilegios*" a los que la humanidad ha accedido en los de los últimos siglos. Esta esperanzada reflexión no tiene en cuenta, pensamos, un hecho fundamental: los privilegios a los que Sánchez Ron se refiere sólo han alcanzado a una parte de la humanidad y - de acuerdo con el conocimiento de que disponemos - *no son alcanzables* por una población como la actual. Como ha señalado Rubert de Ventós (1997)

"el día en que todos los países se comportaran como países desarrollados, es poco probable que pudiera seguir siéndolo ninguno: la cantidad de recursos explotados y de residuos generados transformaría el mundo en un desierto y el agotamiento de la biomasa sería cuestión de meses".

Los problemas sobrepasan, como vemos, la responsabilidad de los científicos y atañen a cada uno de nosotros. Las causas no están en la ciencia sino en el tipo de respuesta que damos a algunas preguntas clave: ¿En qué mundo queremos vivir?, ¿qué mundo queremos dejar a nuestros descendientes?, ¿qué puedo hacer yo, como miembro de una sociedad democrática y *también como consumidor*, para evitar el deterioro de nuestro planeta?

Ésta es una problemática que la educación científica está ya abordando (ver capítulo 3), pero a la que será necesario prestar una mayor atención y convertir en una de las perspectivas fundamentales de la dimensión CTS. Abordaremos esta cuestión en el siguiente apartado.

ATENCIÓN A LOS PROBLEMAS DEL FUTURO

A lo largo de las dos últimas décadas, se han multiplicado los llamamientos de diversos organismos y conferencias internacionales para que los educadores de todas las materias y niveles contribuyamos a que los ciudadanos y ciudadanas adquirieran una correcta percepción de los problemas y desafíos a los que se enfrenta la vida en nuestro planeta y puedan así participar en la necesaria toma de decisiones fundamentadas (UNESCO, 1987; Council of the Ministers of Education of the European Community, 1988; Naciones Unidas, 1992; Delors *et al.*, 1996).

¿Por qué se insiste *hoy* en que *todos* los educadores incorporemos la atención al estado y futuro del mundo como una dimensión esencial de nuestra actividad? Cabe recordar que, hasta la segunda mitad del siglo XX, nuestro planeta parecía inmenso, prácticamente sin límites, y los efectos de las actividades humanas quedaban localmente compartimentados (Fien, 1995). Esos compartimentos, sin embargo, han empezado a disolverse durante las últimas décadas y muchos problemas (efecto invernadero, destrucción de la capa

de ozono, lluvia ácida...) han adquirido un *carácter global* que ha convertido "la situación del mundo" en objeto directo de preocupación. Informes provenientes de instituciones internacionales como el Worldwatch Institute, reuniones y conferencias mundiales o el mismo Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo nos vienen proporcionando, año tras año, una visión bastante sombría —pero, desgraciadamente, bien fundamentada— del estado del mundo (Comisión del medio ambiente y del desarrollo, 1988; Naciones Unidas, 1992; Brown *et al.*, 1984-2000). Ésa es la razón de los llamamientos realizados a, insistimos, *todos los educadores*, para que incorporemos la situación del mundo a nuestra labor docente. Unos llamamientos que alcanzaron especial énfasis durante la llamada Conferencia de Río —en la que participaron más de 120 jefes de estado y 14 000 Organizaciones no Gubernamentales—, cuya Agenda 21 (Naciones Unidas, 1992) reclamaba explícitamente que todos los educadores —*cualesquiera sea nuestro campo específico de trabajo*— contribuyamos a hacer posible la participación ciudadana en la búsqueda de soluciones. No podemos, pues, seguir educando a los jóvenes "como si no hubiera una situación de emergencia planetaria" (Orr, 1995).

¿Cuál es la situación, a este respecto, ocho años después de la Conferencia de Río? A pesar de tan dramáticos llamamientos, la atención prestada al estado y futuro del planeta, tanto por la investigación en didáctica de las ciencias como por la formación de los docentes en este campo, es todavía muy escasa. Creemos necesario, pues, elaborar un panorama general de los problemas y desafíos que caracterizan el estado del mundo, realizando un esfuerzo de globalización que evite el reduccionismo causal que puede afectar al estudio de los problemas científicos, muy en particular cuando se trata de problemáticas complejas como la que nos ocupa, con serias implicaciones éticas. No podemos extendernos aquí en presentar dicho panorama, dirigido a sentar las bases de un desarrollo sostenible (ver capítulo 3), que exige tomar en consideración cuatro grandes aspectos, estrechamente vinculados (Gil *et al.*, 2000):

- *Poner fin a un crecimiento agresivo con el medio ambiente y nocivo para los seres vivos* —fruto de comportamientos guiados por intereses y valores particulares, sin atender a sus consecuencias futuras o para otros— que se traduce en una progresiva degradación del medio.
- *Considerar las causas (y, a su vez, consecuencias) de ese crecimiento no sostenible*, tales como el hiperconsumo de las sociedades desarrolladas o una explosión demográfica que ha cuadruplicado en un siglo la población mundial en un planeta de recursos limitados.
- *Adoptar medidas positivas* (en los ámbitos tecnológico, educativo y político) susceptibles de poner fin a los actuales problemas y de sentar las bases de un desarrollo realmente sostenible.
- *Universalizar y ampliar los derechos humanos* como vía de superación de los desequilibrios existentes en la actualidad y de un crecimiento insos-

tenible, consecuencia de la imposición de intereses y valores particulares a corto plazo.

Es preciso insistir en la necesidad de superar las visiones fragmentarias que de esta problemática tenemos los profesores de ciencias (Gil *et al.*, 2000) y, más aún, es preciso comprender que se trata de una problemática que afecta a los docentes de *todas* las áreas. Como afirma Daniella Tilbury (1995), "los problemas ambientales y del desarrollo no son debidos exclusivamente a factores físicos y biológicos, sino que es preciso comprender el papel jugado por los factores estéticos, sociales, económicos, políticos, históricos y culturales". La dimensión CTS, pues, no sólo impregna toda la educación científica, incluida la ambiental, sino que constituye un puente entre la educación científica y la educación en general. En este mismo sentido de "dilución" de la dimensión CTS, cabe ir más allá de la educación reglada y contemplar, como una de las perspectivas más fructíferas, la vinculación del enfoque CTS con la llamada educación¹ no formal (museos, media...). Abordaremos este aspecto en el siguiente apartado de esta somera revisión de perspectivas.

LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA NO FORMAL Y EL ENFOQUE CTS

Desde hace ya algunas décadas, los profesores de ciencias son impulsados a "abrir la escuela hacia el exterior" y a organizar visitas a museos, exposiciones temporales, centros en los que se ofrecen talleres de prácticas científicas... al tiempo que se potencia el uso de los media: páginas científicas de la prensa diaria, revistas y libros de divulgación, documentales cinematográficos, programas informáticos, etc. Como índice de la creciente importancia concedida a esta educación científica no formal, podemos mencionar la gran cantidad de investigaciones que sobre este tema se realizan así como la reciente publicación de números monográficos en revistas (Aster nº 29, 1999 y Alambique nº 25, 2000).

Esta atención ha ido acompañada de análisis críticos que, a menudo, han señalado las limitaciones de esta educación científica no formal. Así, Scrive (1998) ha mostrado que, desgraciadamente, las imágenes tan profusamente utilizadas en las exposiciones y en los documentales cinematográficos, no tienen el poder educativo esperado. Pero la atención cambia, afirma, cuando esas imágenes se centran en las interacciones CTS:

"El cine y la ciencia pueden encontrar un lenguaje común si la ciencia se sitúa en su contexto social y filosófico. Entonces el cineasta puede expresarse a través de una ciencia rica en aventuras y poesía, y plena de incertidumbres. Así los filmes científicos resultarán atractivos e instructivos".

Dicho con otras palabras, *el filme científico tendrá valor educativo en la medida en que se adopte un enfoque CTS*. En el mismo sentido, Allard (1999) sostiene

que el aprendizaje en un museo no se limita jamás al plano cognitivo, e incluye los planos afectivos, estéticos... Todo apunta, pues, a que el papel de la educación no formal se centra, más que en lograr un aprendizaje conceptual, en despertar interés por la ciencia, por las ganas de aprender ciencia. De ahí que la dimensión CTS se convierta en un elemento esencial de la misma. Así, las exposiciones científicas suelen organizarse en torno a una trama narrativa (Girault, 1999) que, a menudo, aborda problemáticas de interacción Ciencia-Tecnología-Sociedad. En particular, los problemas medioambientales se están convirtiendo en objeto exclusivo o temporal de muchos museos e instituciones dedicadas a la educación científica no formal (Fortin-Debart, 1999).

Más aún, las grandes exposiciones internacionales, que han constituido hasta muy recientemente exponentes propagandísticos de los avances tecnológicos —contribuyendo de ese modo a transmitir visiones de un optimismo simplista— han comenzado, tanto en Lisboa 1998 como en Hannover 2000, a poner en práctica una nueva concepción, centrada en la reflexión sobre los problemas del planeta y las formas de hacerles frente, mucho más útil para la educación de la ciudadanía (Gil *et al.*, 1999).

Esta iniciativa constituye, sin duda, un gran acierto, si tenemos en cuenta la gravedad de los problemas con los que la humanidad se enfrenta hoy, como consecuencia, tal como señalábamos en el apartado anterior, de un desarrollo socioeconómico tremendamente acelerado, guiado por intereses particulares a corto plazo, que actúan irresponsablemente como si los recursos de la Tierra fueran ilimitados.

Otras recientes exposiciones, como la titulada "El jardín planetario. Reconciliar el hombre y la naturaleza", con la que el Parque de la Villette, en París, ha querido celebrar el final de siglo (Clément, 2000), afianza esta positiva tendencia, aunque sigue siendo necesaria una revisión a fondo de los contenidos y de las formas de presentación, para favorecer una correcta percepción de los problemas y de las medidas que adoptar (Gil *et al.*, 1999).

En resumen, la educación científica no formal puede jugar un importante papel en la adquisición de conocimientos y actitudes relevantes para que los ciudadanos podamos participar en la toma fundamentada de decisiones, en torno a problemas del ámbito CTS que afectan a nuestra vida diaria y al futuro de la humanidad.

HISTORIA Y ÉTICA DE LA CIENCIA Y RELACIONES CTS

Una perspectiva a profundizar es la vinculación de la dimensión CTS a la historia de la ciencia. La importancia de la utilización de la historia de la ciencia en la enseñanza de la misma ha sido destacada por diversos autores (Matthews, 1991; Izquierdo, 1996; Solbes y Traver, 1996), que proponen extraer de dicha historia los problemas significativos y poner al alumnado en situación de abordarlos, mostrar la existencia de grandes crisis en el

desarrollo de las ciencias, el carácter hipotético, tentativo de la ciencia y las limitaciones de las teorías, los problemas frontera y los pendientes de solución, etc. Así se presenta a los alumnos la aventura de la creación científica, evitando visiones dogmáticas y descontextualizadas. Es importante, en particular, tener en cuenta las estrechas relaciones entre Historia de la Ciencia y las interacciones CTS, dado que se trata de dos campos de investigación con una amplia zona de intersección: la historia externa, o social, de la Ciencia o, en otras palabras, las relaciones CTS a lo largo de la historia. Además, es necesario integrar las aportaciones de ambas líneas de investigación en los materiales didácticos si queremos evitar una imagen deformada de la ciencia y de los científicos.

Se trata de mostrar la naturaleza social y controvertida de la investigación científica, fruto del trabajo de muchas personas, basado a su vez en el trabajo de muchas otras, para evitar la idea de una ciencia hecha básicamente por genios, en su mayoría hombres, que ignora las contribuciones de las mujeres científicas. Así mismo se considera conveniente presentar las aportaciones a la ciencia realizadas en países que no son grandes potencias científicas y los obstáculos que se han planteado al desarrollo de la ciencia en dichos países a lo largo de la historia.

Desde esta perspectiva se pretende promover que los estudiantes lleguen a ser capaces de realizar evaluaciones sobre diversos desarrollos científicos y tecnológicos, en particular, la evaluación de riesgos y de impacto social y ambiental. Esto debe conducir a valoraciones, a juicios éticos que pueden realizarse atendiendo a la contribución de dichos desarrollos a la satisfacción de necesidades humanas (sin olvidar que el conocimiento es una de ellas) y a la solución de los problemas del mundo.

Se quiere, así mismo, poner de manifiesto los intereses y valores subyacentes en las opciones y decisiones sobre ciencia y tecnología de diversos actores sociales (el estado, las empresas transnacionales, científicos, empresarios, etc.), ocultos por la aparente neutralidad de la ciencia y tecnología. Se podrá ver así que existen diferentes valoraciones y que es necesario compararlas, argumentarlas, para llegar a conclusiones y traducir los argumentos en implicación en políticas públicas (Hodson 1994): escritos y declaraciones, solicitudes, votaciones, participación en proyectos... sin olvidar el importante y creciente papel de las Organizaciones no Gubernamentales u otras organizaciones sociales en el denominado entramado sociotecnológico. Y para ello es condición necesaria que el alumnado conozca las relaciones CTS y los problemas del mundo.

De esta forma, se contribuirá a combatir la imagen pública negativa de la ciencia que hemos analizado anteriormente. Para ello, se debe plantear claramente la contribución de la ciencia al desarrollo general de la humanidad y a una concepción del mundo basada en la racionalidad y el espíritu crítico frente a cualquier tipo de fundamentalismo (especialmente aquéllos que han pretendido tener un origen científico, como el darwinismo social, la eugenesia, el racismo, etc.) y pseudocientifismo (como la astrología, la ufología, etc.).

También será necesario presentar ejemplos de responsabilidad social de científicos y técnicos. Por ejemplo, la situación que llevó a Einstein, Born, Pauling, etc., a denunciar cómo el uso irracional de la ciencia en la guerra fría ponía en peligro la paz entre las naciones o, en la actualidad, la de tantos otros cuyas investigaciones han puesto de manifiesto, pese a la oposición de muchas empresas, que la radiactividad es perjudicial, el tabaco y otros productos son cancerígenos, los CFCs destruyen la capa de ozono, etc. (Sánchez Ron, 1994). Todo esto debe llevar a una valoración más matizada de cada una de las investigaciones y desarrollos de la ciencia y la tecnología.

Es obvio que trabajar en el aula estos aspectos no es sencillo (Solbes, 1999), pero esta complejidad no debe significar que no se realicen dichas valoraciones, si lo que se pretende es la alfabetización científica y tecnológica, la preparación de los futuros ciudadanos y ciudadanas.

CONSIDERACIONES FINALES

Todo lo expuesto hasta aquí muestra, la necesidad de tener en cuenta las interacciones CTS como elemento esencial de una adecuada formación de los ciudadanos y ciudadanas del siglo XXI.

Aunque son muchas las propuestas CTS, las formas de llevar adelante un proyecto CTS, lo fundamental es no olvidar que cuando hablamos de contextualizar la ciencia que enseñamos, como paso necesario en la alfabetización científica de todas las personas, y en la formación de los futuros licenciados, no nos referimos a trabajar los aspectos CTS en un determinado curso o una parte del mismo, no queremos decir que algunos estudiantes, durante una pequeña parte de su tiempo escolar, aborden una asignatura CTS o lleven a cabo un proyecto en ese campo. Esto es importante, y puede ser un buen complemento de su formación científica, pero no es suficiente.

Nos referimos a tratar de contextualizar la ciencia que enseñamos, a introducir los aspectos CTS en todas las disciplinas científicas y a lo largo de todo el currículo escolar, en todos los niveles educativos donde se imparten. Esto significa que la ciencia y la tecnología en la educación científica van a ser más útiles, van a conectar con el entorno del alumnado, con los problemas sociales y medioambientales vinculados al desarrollo actual, van a contribuir a la formación de todas las personas. Es necesario insistir en que esto no significa incrementar sensiblemente los contenidos de los programas habituales, ya bastante sobrecargados, con aspectos de las interacciones CTS que han sido señalados a lo largo de los capítulos de este libro como necesarios para mostrar una imagen de la ciencia y la tecnología más real y contextualizada.

Se trata, más bien, de reorientar los contenidos que se deben impartir, de seleccionar muy cuidadosamente dichos aspectos, de modificar los contenidos de las actividades, y que contribuyan a una imagen de la ciencia más adecuada para lograr los objetivos propuestos y tratar de contrarrestar, en la

medida de lo posible, las ideas que caracterizan la imagen pública negativa de la ciencia. Se trata de impregnar todo el currículo, desde las actividades de iniciación de cada unidad didáctica, el planteamiento de situaciones problemáticas, los trabajos prácticos, hasta la propia evaluación, con aspectos de las relaciones CTS que enmarcan el desarrollo científico.

La inclusión de las interacciones CTS junto al replanteamiento del método de trabajo en el aula y de la evaluación, podrán contribuir, como ya hemos señalado, a un cambio de actitud hacia las ciencias y su aprendizaje, así como al reconocimiento del importante papel que su enseñanza debe jugar en la formación de las personas y en la conformación de unas nuevas humanidades que incluyan los saberes científicos y tecnológicos necesarios no sólo para la capacitación profesional, sino, también, para que las personas puedan participar activamente en los asuntos sociales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, M. (1999): Le partenariat école-musée: quelques pistes de réflexion, *Aster*, 29, 27-40.
- BARNES, B. (1987): *Sobre ciencia*. Barcelona, Labor.
- BYBEE, R. (1997): Toward an understanding of scientific literacy, en Gräber, W. y Bolte C. (Eds): *Scientific literacy*. Kiel, IPN, 37-68.
- CHALMERS, A. (1990): *La ciencia y cómo se elabora*. Madrid, Siglo XXI.
- CLÉMENT, G. (2000): *Le jardin planétaire. Réconcilier l'homme et la nature*. Paris, Albin Michel.
- BROWN, L.R. et al. (1984-2000): *La situación del mundo*. Barcelona, Icaria.
- COMISION MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988): *Nuestro futuro común*. Madrid, Alianza.
- COUNCIL OF THE MINISTERS OF EDUCATION OF THE EUROPEAN COMMUNITY (1988): *Resolution on environmental education*, Official Journal of the European Communities, (C177/8).
- DELORS, J. et al. (1996): *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI. Madrid, Santillana.
- DUNBAR, R. (1999): *El miedo a la ciencia*. Madrid, Alianza.
- FIEN, J. (1995): Teaching for a sustainable world: The environmental and development education project for teacher education. *Environmental Education Research*, 1, 1, 21-33.
- FORTIN-DEBART, C. (1999): Analyse de l'offre des institutions muséales en médiation environnementale, *Aster*, 29, 85-100.
- FURIÓ, C. y VILCHES, A. (1997): Las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias y las relaciones CTS, en Del Carmen (Coord.) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona, Horsori, 47-71.
- GIL, D. (1993): Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza aprendizaje como investigación, *Enseñanza de las ciencias*, 11, 2, 197-212.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ, J. (1991): *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona, Horsori.

- GIL, D., GAVIDIA, V., VILCHES, A., AMBROSIO, T., OLIVEIRA, T. y MALHEIRO, M. (1999): Lisboa 1998. Un punto de inflexión en la orientación de las grandes exposiciones internacionales: del optimismo desarrollista a la reflexión sobre los problemas del planeta, *Revista Iberoamericana de Educación*, 19, 271-290.
- GIL, D., VILCHES, A., ASTABURUAGA, R. y EDWARDS, M. (2000): La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas, *Investigación en la Escuela*, 40, 39-56.
- GIRAULT, Y. (1999): L'école et ses partenaires scientifiques, *Aster*, 29, 3-8.
- 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.
- HODSON, D. (1994): Seeking directions for change. The personalisation and politisation of science education, *Journal of Curriculum Studies*, 2, 1, 71-98.
- HOLTON, G. (1996): *Einstein, history and other passions. The rebellion against science at the end of twenty Century*. Woodbury, NY, AIP Press.
- IZQUIERDO, M. (1996): Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 8, 7-21.
- MATTHEWS, M. R. (1991): Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las Ciencias, *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, pp. 141-155.
- NACIONES UNIDAS (1992): *UN Conference on environmental development, Agenda 21. Rio declaration, Forest principles*, París, UNESCO
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996): *National science education standards*. Washington DC, National Academy Press.
- ORR, D.W. (1995): Educating for the environment. Higher education's challenge of the next century. *Change*, Mayo/Junio, 43-46.
- PENICK, J.E. y YAGER, R.E. (1986): Trends in science education: Some observations of exemplary programme in the United States. *European Journal of Science Education*, 8, 1, 1-8.
- RUBERT DE VENTÓS, X. (1997): No les des pescado, dales caña. *El País*, 25 de junio, 12.
- SÁNCHEZ RON, J.M. (1994): ¿El conocimiento científico prenda de felicidad? En Nadal, J. (Ed.), *El mundo que viene*, Madrid, Alianza.
- SCRIVE, M. (1989): Le film d'exposition scientifique, un choc entre deux cultures, *Aster*, 9, 69-83.
- SOLBES, J. (1999): Los valores en la enseñanza de las ciencias, *Alambique*, 22, 97-109.
- SOLBES, J. y TRAVER, M. (1996): La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química, *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 1, 103-112.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997): STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, 81, 4, 377-386.
- TILBURY, D. (1995): Environmental education for sustainability: defining the new focus of environmental education in the 1990s. *Environmental Education Research*, 1, 2, 195-212.
- UNESCO (1987): Elementos para una estrategia internacional de acción en materia de educación y formaciones ambientales para el decenio de 1990. En *Congreso Internacional UNESCO-PNUA sobre la educación y la formación ambientales*, Moscú, UNESCO.
- WOLPERT, L. (1992): *La naturaleza no natural de la ciencia*. Madrid, Acento Editorial.

