

La educación científica ante las actuales transformaciones científico-tecnológicas

Daniel Gil Pérez*
Valentín Gavidia Catalán*
Amparo Vilches Peña*
Joaquín Martínez Torregrosa**

Introducción

La educación, y en particular la educación científica, es vista desde hace décadas como una inversión estratégica para garantizar el desarrollo de un país. Se trata de una opinión generalmente compartida -al menos verbalmente- por la clase política, los expertos y los ciudadanos, con independencia de planteamientos ideológicos. Y aunque en muchos países sigue habiendo millones de seres humanos sin una mínima alfabetización, atribuir importancia a la educación para el desarrollo de los pueblos constituye un auténtico lugar común, en el que no merecería la pena insistir... a menos que las actuales transformaciones científico-tecnológi-

cas obliguen a algún tipo de replanteamiento. En ese sentido, quizás podemos referirnos a un hecho realmente diferenciador de la presente situación: el capital humano aparece ahora como un factor esencial del desarrollo *también a corto plazo*. Más aún, la inversión en educación es considerada como una prioridad *para todos*.

1. La necesidad y las dificultades de la alfabetización científico-tecnológica para todos.

La educación y, más precisamente, la *alfabetización científica para todos*, se ha convertido, en opinión general de expertos y políticos, en una exigencia

* Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universitat de València

** Departamento de Educación A.O. y Didáctica. Universitat d'Alacant

urgente. Así lo ha entendido, p.e., 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): *"In a world filled with the products of scientific inquiry, scientific literacy has become a necessity for everyone"*. 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).

Parece, pues, que sí hay razones para realizar un serio esfuerzo de revisión del papel de la educación en el desarrollo actual. Una primera idea gira en torno a la necesidad de abrir los currículos a las transformaciones científico-tecnológicas. Se preconiza dicha apertura como algo que puede revolucionar en profundidad y positivamente la educación, contribuyendo a incrementar su utilidad, el interés de los estudiantes, etc. Este impulso recuerda bastante al que, en el primer tercio de siglo, llevó a científicos y educadores a reclamar la introducción de la educación científica en la cultura general. Así, en 1926, el gran científico francés Paul Langevin, escribió:

"En reconocimiento del papel jugado por la ciencia en la liberación de los espíritus y en la afirmación de los Derechos del Hombre, el movimiento revolucionario hace un es-

fuerzo considerable para introducir la enseñanza de las ciencias en la cultura general..."

Las palabras de Paul Langevin y de tantos otros nos indican, por una parte, que las ciencias estaban prácticamente ausentes de los planes de estudio hasta hace relativamente poco; y, por otra, muestran el alto valor educativo atribuido a su estudio, derivado del impacto de las ciencias sobre el pensamiento y la vida de las personas. No en valde, se señalaba, la historia de las ciencias ha sido solidaria del movimiento revolucionario en la lucha contra el dogmatismo y por el progreso.

Y aunque ahora -y ello constituye, sin duda, un hecho diferenciador- se pone el acento en una educación científico-tecnológica, superando el olvido tradicional de la tecnología (Martinand 1985; Gilbert 1992; Claxton 1994; Bybee y DeBoer 1994; Yus 1997), y se resalta, sobre todo, la contribución práctica de dicha educación al desarrollo de los pueblos (Fourez 1997), nos encontramos con un impulso similar al que precedió a la introducción de las ciencias en la formación de los futuros ciudadanos. Insistimos en dicha semejanza para llamar la atención sobre el peligro de que dicho impulso conduzca a resultados tan decepcionantes como los que se obtuvieron con la enseñanza de las ciencias, en contra de todas las expectativas.

En efecto, numerosas investigaciones han mostrado que el interés de los

estudiantes por las ciencias decrece regular y notablemente con los años de escolarización (Yager y Penick 1986). La gravedad del problema es tal, que el estudio de las actitudes de los estudiantes se ha convertido en una línea prioritaria de investigación (Simpson et al 1994). Hemos de hacer frente, pues, al peligro de que las propuestas actuales de una educación científico-tecnológica para todos se traduzca en un rechazo similar y en un similar fracaso en lo que concierne al aprendizaje de los conocimientos científicos o a la comprensión de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología y de su papel en nuestras vidas.

Cabe decir que este fracaso ha terminado obligando a un serio esfuerzo de investigación acerca de sus causas y posibles remedios. Ello ha conducido, entre otras cosas, a un análisis de las características de la enseñanza de las ciencias y, muy en particular, de las visiones empobrecidas y deformadas que proporciona de la actividad científica (Gil et al 1991; Desautels et al 1993; Gil 1993; Porlán 1993; Thomaz et al 1996).

Conviene detenerse mínimamente en estas deformaciones, porque constituyen una de las mayores dificultades con las que se ha enfrentado hasta aquí la educación científica (Bell y Pearson 1992) y el actual movimiento en pro de una alfabetización científico-tecnológica debería tenerlas muy en cuenta. Sabemos, por ejemplo, que la ciencia moderna supone la ruptura con un pen-

samiento basado en las “evidencias” del sentido común y en seguridades dogmáticas, lo que se ha traducido, como es bien sabido, en persecuciones, censuras y condenas de tantas teorías científicas relevantes; sin embargo, hoy esa ciencia es vista por muchos como un cuerpo cerrado y dogmático de conocimientos (!). Sabemos también, por citar otro ejemplo, que el desarrollo científico tiene una de sus características fundamentales en los procesos de unificación de dominios aparentemente inconexos; pero la forma en que la enseñanza presenta los conocimientos lleva a atribuir al pensamiento científico un carácter exclusivamente analítico, parcelario, que pierde de vista la globalidad.

Estas y otras deformaciones igualmente graves (Gil 1996) aparecen hoy como factores determinantes, tanto del fracaso escolar como del rechazo hacia la ciencia: “*En nuestra sociedad, las ciencias y las técnicas tienen una imagen terriblemente ambigua -afirma Giordan (1997)- Fenómenos de rechazo se extienden (...) El desarrollo de movimientos anti-ciencia, la subida de lo irracional y del integrismo están ahí para dar cuenta de ello*”. Y se trata de movimientos que se originan, a menudo, en el seno mismo de una cultura científico-tecnológica lastrada por planteamientos reduccionistas, puramente utilitarios: como se ha denunciado reiteradamente, el pujante movimiento integrista del norte de África tiene uno de sus focos principales entre los ingenieros. Así, p.e., de los 61 miembros del

Consejo del Sindicato Egipcio de Ingenieros, 45 eran islamistas en 1996 (Nair 1997).

No basta, pues, con incrementar el esfuerzo en educación, sino que dicho incremento ha de ir acompañado de profundos cambios: “*Achieving scientific literacy will take time because the standards call for dramatic changes throughout school systems*” (National Research Council 1996). Esta necesaria transformación explica que la educación en ciencias, matemáticas y tecnología, aparezca hoy, según la Agencia Norteamericana para la Ciencia, como una de las ocho áreas estratégicas para la investigación científica. Así, en el campo de la didáctica de las ciencias, un ya notable esfuerzo de investigación e innovación apunta hacia *un aprendizaje como investigación dirigida, en torno a problemas relevantes*, que se aleja del modelo de simple transmisión/recepción de conocimientos ya elaborados hoy vigente (Gil et al 1991; Hodson 1992; Porlán 1993; National Research Council 1996...). Como se indica en los National Science Education Standards, se trata de introducir “*a new way of teaching and learning about science that reflects how science itself is done*”. Una nueva forma de enseñar que rompa, en particular, con la visión de una ciencia descontextualizada, ajena a los condicionamientos e intereses sociales. Dedicaremos a esta cuestión el tercer apartado de este trabajo. Antes, sin embargo, nos referiremos a un segundo aspecto de la influencia de las transformaciones científico-tecnológicas en la

educación: la idea de que las nuevas tecnologías permitirán una transformación revolucionaria del proceso de enseñanza/aprendizaje.

2. Papel de las nuevas tecnologías en la renovación de la enseñanza

La utilización de las nuevas tecnologías en la enseñanza, como ya hemos señalado, 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, p.e., 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).

Son bien conocidas, a este respecto, las posibilidades que los ordenadores ofrecen para recabar informaciones y contrastarlas, para proporcionar rápida retroalimentación, para simular y visualizar situaciones (Lowe 1996)... o, en otro orden de cosas, para conectar con el interés que los nuevos medios despierdan en los alumnos (Barberá y Sanjosé 1990). 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 (Millot 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 largo plazo” 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 (Coll 1997), 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) que la basada en el procesamiento de información, 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. 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 máquinas; 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 concibe la 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 el periódico *El País* en su editorial del 13 de octubre de 1997, “*Todos con ordenador*”, al comentar el ambicioso plan del Primer Ministro del Reino Unido, Tony Blair, de dotar de ordenador personal y acceso a Internet a todos los escolares británicos en el plazo de cinco años:

“No puede sino aplaudirse una iniciativa que contribuirá a que todos los niños posean la necesaria cultura informática (...) Pero el ordenador sólo puede concebirse como un elemento auxiliar en el proceso educativo, enormemente complejo, en el que tan importante o más que el conocimiento que se adquiere es el aprendizaje de modos de relación con otros, la adquisición de hábitos de estudio y la formación intelectual de los jóvenes. Así, todas esas premoniciones acerca de la desaparición de los profesores en la sociedad del futuro, sustituidos por ordenadores inteligentes conectados a todas las fuentes de información imaginables, son ensoñaciones irreflexivas de gentes deslumbradas por las posibilidades de la informática o de hacer negocio con la informática”.

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.

3. Alfabetización científico-tecnológica y fortalecimiento de la democracia

Nuestro punto de vista acerca de la contribución de la educación científico-tecnológica al fortalecimiento de la democracia parte de una idea central: un país resulta tanto más democrático cuanto mayor es la participación de sus ciudadanos en la toma de decisiones. Ello tiene, al margen de condicionamientos políticos que determinan la posibilidad de dicha participación, cla-

ras exigencias educativas, para que la toma de decisiones esté fundamentada. Esto es lo que persigue, precisamente, el movimiento de "educación científico-tecnológica para todos". Así, los ya mencionados Standards for Science Education señalan: "*Americans are confronted increasingly with questions in their lives that require scientific information and scientific ways of thinking for informed decision making*" (National Research Council, 1997). La misma idea es sostenida por Marco (1997) -"La alfabetización científica (...) apunta hacia la formación de ciudadanos capaces de opciones en una sociedad democrática"- y por la generalidad de autores que se han ocupado en alguna medida de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad (Aikenhead 1985; Hodson y Reid 1988; Solbes y Vilches 1989 y 1997; Jiménez y Otero 1990; Gil et al 1991; Solomon 1992; Membiela 1995; Fourez 1997; Yus 1997...).

Cuestiones como ¿qué política energética conviene impulsar?, ¿qué papel damos a la ingeniería genética en la industria alimentaria y qué controles introducimos?, etc, exigen toma de decisiones que no deben escamotearse a los ciudadanos. Se trata, pues, en primer lugar, de proporcionar un conocimiento suficiente acerca de los problemas y desarrollos científico-tecnológicos que afectan a nuestras vidas y, más en general, a la vida en el planeta (Myers 1987; Colborn, Myers y Dumanoski 1997). Problemas que se han convertido en

noticias quasi cotidianas en los media, pero a los que la educación ha prestado, hasta aquí insuficiente atención (Sáez y Riquarts, 1996).

Resulta necesario, muy en particular, cuestionar la idea errónea de que las soluciones a estos problemas dependen únicamente de un mayor conocimiento científico y de tecnologías más avanzadas (Aikenhead 1985; Gil, Furió y Carrascosa 1995) olvidando que las opciones, los dilemas, a menudo son fundamentalmente éticos (Martínez 1997). Se trata de un cientifismo simplista con el que es preciso romper, pues contribuye a la inhibición de los ciudadanos y, por tanto, a que las decisiones escapen a un control realmente democrático.

Es preciso, en definitiva, hacer comprender que sólo una sociedad plenamente democrática de ciudadanas y ciudadanos *formados* puede evitar que se tomen decisiones que respondan a intereses particulares a corto plazo, con graves repercusiones para otros ciudadanos y, en particular, para las generaciones futuras. De hecho, estamos asistiendo a un creciente impulso de la *educación ambiental* y de la formación del profesorado en esas cuestiones (Jiménez 1995; Pardo 1995). Así, p.e., la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, está promoviendo reuniones subregionales cuyo objetivo es colaborar con los Ministerios de Educación Iberoamericanos en sus programas de formación y capacitación de docentes

de nivel medio para la educación ambiental.

También las universidades están concediendo cada vez más importancia a esta problemática, como revela, p.e., la creación, en 1995, de la Organización Internacional de Universidades para el Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, OIUDSMA (Gil, Gavidia y Furió 1997).

Comienza a argumentarse, sin embargo, que la cuestión de la democracia es hoy irrelevante, en la medida en que *“las empresas transnacionales gozan de gran libertad y escapan fácilmente al control social”* (Ramonet 1997). En efecto, señala Cassen (1997), *“La responsabilidad, la obligación de dar cuenta, son las piedras de toque de la vida democrática. ¿En qué se convierten cuando los elegidos y los gobernantes, suponiendo que tengan la intención de actuar por el bienestar de todos sus ciudadanos, tienen cada vez menos poder sobre los verdaderos decisores, totalmente desterritorializados, que son los mercados financieros y las empresas gigantescas?”*.

Sin duda alguna, la existencia de regímenes democráticos en unos países determinados no constituye hoy garantía suficiente de control social, de participación de los ciudadanos de dichos países en la toma efectiva de decisiones (Kaplan 1997). Pero, como ha recordado Delich (1997), las dificultades de la democracia se resuelven con más (mejor) democracia. Dicho con otras palabras, la dificultad que supone la

actividad de empresas transnacionales que escapan al control de los estados, no convierte en irrelevante la cuestión de la democracia, sino que, por el contrario, señala la necesidad de su ampliación, la necesidad de un orden jurídico global, de un control democrático a nivel supranacional. Conectamos así con los problemas que plantea el actual proceso de globalización económica, a cuya relación con la educación científica dedicaremos el siguiente apartado de este estudio.

4. Transformaciones científico-tecnológicas, educación e integración

Existe, como acabamos de apuntar en el apartado anterior, una razón fundamental que reclama procesos de integración en relación a las transformaciones científico-tecnológicas actuales: nos referimos a los peligros de un desarrollo guiado por intereses particulares a corto plazo, incluyendo los de los diferentes países, peligros resaltados por la casi totalidad de los análisis, que muestran, en el mejor de los casos, un mundo sin rumbo (Ramonet 1997) o, peor aún, con un rumbo definido “que avanza hacia un naufragio posiblemente lento, pero difícilmente reversible” (Naredo 1997) que hace verosímil, e incluso probable, la idea de una “sexta extinción” *ya en marcha* (Lewin 1997).

Que el peligro es serio y no constituye ninguna “exageración de grupúscu-

los ecologistas” lo muestran con rigor los informes anuales del Worldwatch Institute (Brown, Flavin, French et al 1998). Podemos referirnos también p.e., a las conclusiones de diversos encuentros internacionales, como la *Conferencia de Río* o, más recientemente, el angustioso manifiesto que más de 1500 científicos de renombre, entre ellos la mayoría de los galardonados con el premio Nobel en áreas científicas, han hecho público para pedir a los líderes políticos de todo el mundo que actúen *“de forma inmediata para prevenir las consecuencias devastadoras del calentamiento global inducido por el hombre”*. En el mismo sentido, la American Association for the Advancement of Sciences), tras recordar que *“la explosión de la población y la aceleración del desarrollo han llevado a una situación no sostenible y que nunca se ha dado antes, de degradación de los ecosistemas que forman la base del bienestar humano”*, afirma: *“necesitamos la fuerza de toda la ciencia para encarar los problemas medioambientales”*. Y no se trata sólo de los científicos, el mismo Banco Mundial acaba de realizar una seria autocrítica sobre las consecuencias de la política desarrollista que hasta aquí ha venido imponiendo sin prestar atención a sus consecuencias. Así, refiriéndose a la inexistencia de políticas para frenar el deterioro del medio ambiente, vaticina que éste empeorará de forma alarmante (Flavin 1998).

La solución a esta problemática pasa, ante todo, por la superación de un

desarrollo local que no tiene en cuenta las repercusiones para el planeta como un todo. Como ha afirmado el Presidente de la República Checa (Havel 1997), *“una radiactividad que ignora fronteras nacionales nos recuerda que vivimos -por primera vez en la historia- en una civilización interconectada que envuelve al planeta. Cualquier cosa que ocurra en un lugar puede, para bien o para mal, afectarnos a todos”*. Mayor Zaragoza (1997) lo ha expuesto también con rotundidad: *“Tendríamos que ser conscientes de que el mundo es uno o ninguno. Si en tal parte del mundo no hay problemas de medio ambiente, a 10 000 Km sí los hay y un día llegarán a las zonas privilegiadas”*.

Ésta es una seria razón en favor de los procesos de integración y de una educación que los promueva. Ello exige, conviene enfatizar, ir mucho más allá de la idea de integración regional, que suele proponerse, sobre todo, como vía para una mayor competitividad económica frente a otros países y regiones. Por lo que se refiere a la protección del medio y a garantizar un desarrollo sostenible, la integración ha de traducirse, insistimos, en un orden global, con capacidad jurídica y política para impedir lo que resulta lesivo para los seres humanos (o, lo que es lo mismo, para la vida en nuestro planeta), para impulsar y coordinar medidas concretas y para controlar su aplicación, sin que escapen a ese control democrático general ni los países ni las empresas transnacionales.

Esta integración política a nivel planetario suele generar escepticismo y también aprensión. Escepticismo porque los intentos hasta aquí realizados han mostrado una escasa efectividad. Pero si consideramos que, como nos ha recordado Vaclav Havel, “vivimos -por primera vez en la historia- en una civilización interconectada que envuelve el planeta”, podemos comprender la necesidad imperiosa -también por primera vez en la historia- de una integración política que anteponga la defensa del medio -sustrato común de la vida en el planeta- a los intereses económicos a corto plazo de un determinado país, región o, a menudo, de un determinado consorcio transnacional.

La educación ha de mostrar esta necesidad, ha de poner el acento en los peligros de desarrollos socio-económicos locales que no tengan en cuenta sus repercusiones globales. Podría pensarse que este peligro está desapareciendo, puesto que estamos inmersos en un vertiginoso proceso de *globalización* económica. Sin embargo, dicho proceso, paradójicamente, tiene muy poco de global en aspectos que son esenciales para la supervivencia de la vida en nuestro planeta. Como pone de relieve Naredo (1997), “pese a tanto hablar de *globalización*, sigue siendo moneda común el recurso a enfoques sectoriales, unidimensionales y parcelarios”. No se toma en consideración, muy concretamente, la destrucción del medio. Mejor dicho: sí se toma en consideración, pero en sentido contrario al de evitarla. La globaliza-

ción económica, explica Cassen (1997), “*anima irresistiblemente al desplazamiento de los centros de producción hacia los lugares en que las normas ecológicas son menos restrictivas*” (y más débiles los derechos de los trabajadores). Y concluye: “*La destrucción de medios naturales, la contaminación del aire, del agua y el suelo, no deberían ser aceptadas como otras tantas <ventajas comparativas>*”.

En una de sus últimas entrevistas, el llamado “Capitán Planeta” (Cousteau 1997), abundaba en ese mismo argumento: “*Como el largo plazo no tiene precio en el mercado actual, el destino de las futuras generaciones no se tiene en cuenta en la ecuación económica (...) estamos liquidando el futuro por el beneficio rápido*”. E insistía en la misma entrevista:

“Hoy nadie parece asumir la responsabilidad del futuro. ¿Por qué? La gente carece de información objetiva. Los gobiernos están sujetos a preocupaciones electorales a corto plazo. Los hombres de negocios deben responder de su salud financiera en revisiones trimestrales”.

La globalización económica aparece así como algo muy poco globalizador y reclama políticas planetarias capaces de evitar un proceso general de degradación del medio que ha hecho saltar todas las alarmas y cuyos costes económicos comienzan a ser evaluados (Constanza et al 1997). El periodista científico Calvo Roy (1997) ha encon-

trado una expresión realmente impactante para describir este proceso: *el síndrome "más madera"*, inspirado en una genial secuencia de la película "Los hermanos Marx en el Oeste": "*O internalizamos costes que hoy no se tienen en cuenta -escribe refiriéndose a aquello que supone destrucción del medio y pérdida de recursos- o el crecimiento industrial, energético, etcétera, nos hará la vida muy difícil. Conscientemente o no, estamos incurriendo en el síndrome <más madera>, deshaciendo el tren para alimentar la caldera, en una carrera rápida pero corta. Excepto a los impagables hermanos Marx a nadie se le ocurre, si quiere llegar lejos, quemar el tren para que pueda seguir avanzando. Sin embargo, con frecuencia vemos que el tren de los recursos (no) renovables pierde vagones a golpes de hachas manejadas por torpes Harpos incapaces de entender que los vagones no son eternos*".

La educación y, muy concretamente, la alfabetización científico-tecnológica, ha de tratar con detenimiento estas cuestiones, ha de favorecer análisis realmente globalizadores y preparar a los futuros ciudadanos y ciudadanas para la toma fundamentada y responsable de decisiones. Es preciso, en particular, que esa educación permita analizar planteamientos que son presentados como "obvios" e incuestionables, sin alternativas, escamoteando de ese modo la posibilidad misma de elección. Ese es el caso, pensamos, de la idea de *competitividad* como sinónimo

de eficiencia. Curiosamente, todo el mundo habla de competitividad como algo absolutamente necesario, sin tener en cuenta que se trata de un concepto tremendamente contradictorio cuando se analiza *globalmente*. En efecto, ser "competitivos" significa, en definitiva, poder ganarles a otros la partida; el éxito en la batalla de la competitividad conlleva el fracaso de otros. Puede ser ilustrativa a este respecto la forma en que Sánchez Ferlosio (1997) se refiere a "*la perspectiva del actual encarnizamiento de la competencia, con la inexorable urgencia de ajustarse sin pausa a la aceleración de la carrera de la competitividad*" (el subrayado es nuestro). Se trata, pues, de un concepto que responde a planteamientos particularistas, centrados en el interés de una cierta colectividad enfrentada -a menudo "encarnizadamente"- a "contrincantes" cuyo futuro, en el mejor de los casos, nos es indiferente... lo cual resulta claramente contradictorio con las características de un desarrollo sustentable, que ha de ser necesariamente global y abarcar la totalidad de nuestro pequeño planeta.

La educación ha de contribuir a fundamentar la conveniencia de regirse por *otro concepto de eficiencia*, que tenga en cuenta las repercusiones a corto, medio y largo plazo, tanto para una colectividad dada como para el conjunto de la humanidad y nuestro planeta. Y es necesario, asimismo, hacer ver que no hay nada de utópico en estos planteamientos: hoy lo utópico, "lo que no tiene

lugar”, es pensar que podemos seguir guiándonos por intereses particulares sin que, en un plazo no muy largo, todos paguemos las consecuencias. Quizás ese comportamiento fuera válido -al margen de cualquier consideración ética- cuando el mundo contaba con tan pocos seres humanos que resultaba inmenso, prácticamente sin límites. Pero hoy eso sólo puede conducir a una masiva auto-destrucción, a la ya anunciada sexta extinción (Lewin 1997).

Como han explicado los expertos en sostenibilidad, en el marco del llamado Foro de Rio, “*si fuera posible extender a todos los seres humanos el nivel de consumo de los países desarrollados, sería preciso contar con tres planetas para atender la demanda global*”. De hecho, la cuestión demográfica no puede ser obviada a la hora de analizar causas y remedios (Brown, Flavin, French et al 1998). Jaques Ives Cousteau (1997), tras afirmar que “*los seres humanos han hecho probablemente más daño a la Tierra en el siglo XX que en toda la historia*”, añade: “*El daño ha sido provocado por dos motivos fundamentales: el crecimiento demográfico disparado combinado con los abusos de la economía*” (o, dicho de otro modo, con los abusos consumistas del mundo desarrollado). La misma llamada de atención la realizan muchos de quienes tienen una visión global de los problemas de nuestro planeta: “*unas 250 000 personas nacen cada día en el mundo*”, nos recuerda el Director General de la UNESCO (Mayor Zaragoza 1997); y añade:

“*No se hace nada para conseguir una educación para todos y espaciada a lo largo de toda la vida, cuando eso es lo único que permitiría reducir, fuera cual fuera el contexto religioso o ideológico, el incremento de población*”. Mientras continúe la explosión demográfica y el sobreconsumo de los países desarrollados, explica Rubert de Ventós (1997), caminamos directamente hacia el desastre:

“la extrema pobreza conduce a la desertización <ahitiana>, sin duda. Pero resulta que la extrema riqueza conduce igualmente, aunque por otros caminos, a la deforestación <canadiense>. La primera no puede esperar la reposición de la madera: la necesita para cocinar en una economía paupérrima que acaba sacrificando su propio hábitat y paisaje. A la segunda, la canadiense, no le concierne propiamente este paisaje: sus operadores son multinacionales que no viven ni han de quedarse en el entorno de desolación que dejan tras de sí”.

Consideramos, pues, absolutamente urgente una integración planetaria capaz de impulsar y controlar las necesarias medidas en defensa del medio y de las personas, antes de que el proceso de degradación sea irreversible. Pero este proceso de mundialización que nuestra supervivencia parece exigir, genera también el temor de una homogeneización cultural, es decir, *el temor de un empobrecimiento cultural*. Éste fue,

precisamente, uno de los temas clave en el primero de los “Encuentros del Siglo XXI” organizados por la UNESCO, del que se hizo eco El País en su edición del lunes 13 de octubre de 1997, que consistió en un diálogo entre el palentólogo Stephen J. Gould y el sociólogo francés Egdar Morin en torno a “¿Qué futuro para la especie humana? *“La corriente de homogeneización -afirmó Morin en dicho encuentro- ya ha destruido numerosas culturas, como las que llamamos primitivas”.*

Esta preocupación por la pérdida de la diversidad cultural es compartida por la mayoría de quienes analizan la problemática de nuestro próximo futuro. Así, Jaques Le Goff, actual presidente de la prestigiosa École des Hautes Études en Sciences Sociales, afirma que uno de los grandes problemas del siglo XXI será el de las relaciones entre las culturas (Le Goff 1997). Ahora bien, esta uniformización y destrucción de culturas no puede atribuirse, obviamente, a una integración política que aún no ha tenido lugar, sino que es una consecuencia más de la globalización mercantil, que está originando “una estéril uniformidad de culturas, paisajes y modos de vida” (Naredo 1997). Un orden democrático a escala mundial podría, precisamente, plantear la defensa de la diversidad cultural -entendida, claro está, de una forma dinámica, que no excluye los mestizajes fecundadores- al igual que la biológica. Así lo manifestaba Gould -decidido partidario de *“pasar de orga-*

nizaciones sociales locales a una confederación mundial”- en su diálogo con Morin: *“Una nueva organización social debe tener en cuenta la diversidad cultural de nuestra especie”.* Y también Morin insistía en la misma idea: *“Culturalmente, hay que volver a la unidad de lo múltiple”.*

Una integración política a escala mundial, concebida -en palabras de Gould- como una “confederación planetaria” plenamente democrática, constituye, según lo que hemos visto, un requisito esencial para hacer frente a la degradación, tanto física como cultural, de la vida en nuestro planeta. Dicha integración reforzaría así el fortalecimiento de la democracia y contribuiría a un desarrollo sostenible de los pueblos que no se limitaría, como suele plantearse, a lo puramente económico, sino que incluiría, de forma destacada, el desarrollo cultural. Y en ese marco, como afirma Le Goff, la educación ha de jugar un papel fundamental.

Podemos concluir, pues, que el papel de la educación ante las transformaciones científico-tecnológicas, ha de ser contribuir a hacer frente, de forma global y coherente, al triple desafío que supone el desarrollo de los pueblos (incluido, por supuesto, su desarrollo cultural), el fortalecimiento de los sistemas democráticos y los procesos de integración que resuelvan los inaceptables e insostenibles desequilibrios actuales, respetando al propio tiempo la diversidad cultural. Es algo que las actuales transformaciones científico-tecnológi-

cas han convertido en una urgente exigencia... si queremos evitar un rápido proceso de degradación de la vida en nuestro planeta (Brown, Flavin, French et al 1998). No queremos terminar, sin embargo, sin abordar la reacción “anti-ciencia” que la situación actual está provocando (Giordan 1997) y que, a nuestro entender, constituye un serio peligro para una búsqueda de soluciones adecuadas a la compleja problemática que esa situación plantea.

5. El movimiento anti-ciencia y la educación

A lo largo de este trabajo, hemos insistido reiteradamente acerca de la visión empobrecida y deformada de la ciencia, transmitida, por acción u omisión, por la enseñanza. Hemos criticado, muy en particular, la imagen descontextualizada, socialmente “neutra”, en la que incluso bastantes científicos parecen creer, ajenos a las necesarias tomas de decisión (Aikenhead 1985). Una neutralidad que puede interpretarse fácilmente como irresponsabilidad y que ha contribuido al creciente desprestigio de la actividad científica y tecnológica, a la que se responsabiliza de la contaminación del planeta, del peligro de destrucción masiva, etc.

Sería injusto y peligroso, sin embargo, caer una actitud de rechazo absoluto. Como indica Sánchez Ron (1994), “*es el conocimiento científico quien nos hace ser conscientes de algunos proble-*

mas 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 de prácticamente todo el 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. Es lo que Passet (1997) ha denominado “*Las posibilidades (frustradas) de lo inmateral*”, refiriéndose a las tecnologías de la información. En ello insiste también Sánchez Ron: “*abundan los avances científicos de las últimas décadas (...) que son extraordinariamente eficientes desde el punto de vista del consumo energético*”. 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 conseguido en los dos 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? Porque, aunque como advierte Margalef (1994), resulta difícil, en general, hacer predicciones de interés sobre impactos ambientales, no parece haber lugar para muchas dudas acerca del deterioro alarmante de las condiciones de vida en nuestro planeta (Brown, Flavin, French et al 1998). Y no se trata de una llamada a un altruismo desprendido que renuncie al interés personal, sino, bien al contrario, de una llamada al egoísmo bien entendido (Savater 1994): ¿Se puede vivir satisfecho sabiendo que estamos poniendo en peligro la vida de nuestros hijos?

La tendencia a descargar sobre la ciencia y la tecnología la responsabilidad de la situación actual de deterioro creciente, no deja de ser una nueva

simplificación maniquea en la que resulta fácil (e inoperante) caer y a la que la educación debe prestar la debida atención. No puede aceptarse, p.e., que se designe como desarrollo científico-tecnológico lo que habría que denominar, cuanto menos, como desarrollo económico-científico-tecnológico, o, más claramente, como crecimiento socio-económico, con un claro predominio de lo “económico” -entendido como búsqueda de beneficio particular a corto plazo- en lo que respecta a la orientación de dicho desarrollo.

Algunos llegan hasta atribuir la falta de “responsabilidad ante la humanidad” a una concepción del mundo basada en el pensamiento científico, ajeno a “las certezas metafísicas”. En efecto, Hermann Tertsch (1997) se hace eco de las siguientes interrogantes de Vaclav Havel:

“¿Es posible que el hecho de que la humanidad piensa sólo en los límites de lo que hay en su campo inmediato de visión y es incapaz de recordar lo que hay más allá, en el espacio y en el tiempo, sea consecuencia de su pérdida de certezas metafísicas, de horizontes y objetivos? ¿Es posible que la crisis de responsabilidad respecto al mundo como un todo y su futuro sea consecuencia lógica de la concepción del mundo como un complejo de fenómenos regidos por leyes científicas identificables, es decir, una concepción que no busca razones de existencia y renuncia a todo tipo de metafísica?”

Tertsch glosa la intervención de Havel en estos términos: *“Se trataba de establecer los motivos por los cuales la humanidad, que conoce los graves problemas a que se enfrenta en el nuevo milenio, no consigue reaccionar ante los mismos. Havel dejó claro que ve el origen de esta incapacidad para asumir la responsabilidad y el compromiso -de asumir deberes para con el prójimo y el entorno- en la desaparición de un sentido trascendente de la vida”*.

No deja de ser curioso con qué facilidad se simplifican los problemas: si la humanidad, “que conoce los graves problemas a que se enfrenta”, no consigue reaccionar... la causa está, según Havel, en la desaparición de un sentido trascendente de la vida, en la pérdida de certezas metafísicas, o, dicho más claramente, al racionalismo científico.. Pero, ¿cómo puede atribuirse a una concepción científica la responsabilidad de pensar sólo “en los límites de lo que hay en su campo inmediato de visión” y de ignorar “al mundo como un todo y su futuro”? Estas suposiciones revelan, en primer lugar, una tergiversación bastante notable de lo que ha sido el desarrollo del pensamiento científico, de sus contribuciones -con la oposición, muy a menudo, de quienes se apoyaban en supuestas certezas metafísicas- a visiones más globales de la realidad “como un todo”. Que sepamos, han sido científicos quienes han derribado las barreras que las certezas metafísicas establecían entre, p.e., el hombre y el resto de los animales; o entre la Tierra y el resto del

Universo; son científicos quienes han ampliado nuestro campo de visión, asomándonos al pasado de la humanidad, de la Tierra y del Universo; son científicos quienes estudian los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad, advierten de los riesgos y ponen a punto soluciones. Por supuesto, no sólo los científicos, ni todos los científicos. No olvidamos que también son científicos -junto a economista, empresarios... y, no lo olvidemos tampoco, miles de trabajadores- quienes han producido, p.e., los compuestos que están destruyendo la capa de ozono. La llamada a la responsabilidad ha de extenderse *a todos*, incluidos los “simples” consumidores de los productos nocivos. En cualquier caso, no puede deformarse la realidad hasta el punto de atribuir a la ciencia un punto de vista limitado a “lo que hay en su campo inmediato de visión”.

Por otra parte, no parece que las certezas metafísicas y el sentido trascendente de la vida garanticen una mayor responsabilidad ante la humanidad. Baste señalar la actitud adoptada, desde dichas certezas, por autoridades religiosas de diversas confesiones, frente a lo que muchos señalan como uno de los problemas más graves con que se enfrenta hoy la humanidad, la explosión demográfica, oponiéndose a políticas de control de la natalidad, solidarias con las generaciones futuras. No debemos, sin embargo, incurrir en otra simplificación abusiva y maniquea: la verdad es que la humanidad tan sólo ha comenzado muy

recientemente a conocer los graves problemas a que se enfrenta y que muchos de nosotros -cabe temer que la mayoría- no somos conscientes de las consecuencias de nuestros comportamientos depredadores; tendemos a minimizarlos, a pensar que “todo continuará como siempre”. Pero la Tierra no ha tenido siempre más de cinco mil millones de personas: en los últimos 50 años han nacido más seres humanos que en toda la historia de la humanidad, y el planeta ha dejado de ser inmenso, de recursos prácticamente ilimitados. Nos corresponde a todos buscar soluciones, adoptar las decisiones oportunas, antes de que sea demasiado tarde, sin enzarzarnos en estériles enfrentamientos sobre si la falta de responsabilidad ante la humanidad tiene su origen en las concepciones científicas o en las certezas metafísicas. En ello la educación (no sólo la científica) tiene, pensamos, una especial responsabilidad, y habría de contribuir, en síntesis, a:

- * formar ciudadanos conscientes de los problemas que plantea un desarrollo socio-económico asociado a unas transformaciones científico/tecnológicas ciertamente complejas y de perspectivas inciertas, que exigen decisiones colectivas fundamentadas y
- * orientar la actividad personal y colectiva en una perspectiva global, sostenible, que respete y potencie la riqueza que representa tanto la diversidad biológica como la cultural y favorezca su disfrute.

Referencias bibliográficas

- AIKENHEAD G,S, 1985. Collective decision making in the social context of science. *Science Education* 69 (4), 453-475.
- BARBERÁ O y SANJOSÉ V, 1990. Juegos de simulación por ordenador: un útil para la enseñanza a todos los niveles. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 46-51.
- BELL B.F y PEARSON J, 1992, Better Learning, *International Journal of Science Education*, 14(3), 349- 361.
- BROWN L.R., FLAVIN C., FRENCH H et al, 1998, *La situación del mundo*. (Icaria Ed: Barcelona).
- BYBEE R.W y DEBOER G.E, 1994, Research on goals for the science curriculum. En Gabel D.L (ed), 1994, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (MacMillan Pub Co: N.Y).
- CALVO ROY A, 1997, El síndrome “¡Más madera!” , *El País*, miércoles 22 de octubre de 1997
- CASSEN B, 1997, ¡Para salvar la sociedad!, *Le Monde diplomatique*, edición española, año II, Nº 20, p 5.
- CEBRIÁN J.L, 1998, *La Red*. (Santillana,S.A. Taurus: Madrid)
- CLAXTON, G, 1994, *Educación de mentes curiosas. El reto de la ciencia en la Escuela*. (Visor: Madrid).
- COLBORN T, MYERS J.P y DUMANNOSKI D, 1997, *Nuestro futuro robado*. (ECOESPAÑA: Madrid)
- COLL C, 1997, Nuevas teorías del aprendizaje y su impacto en las

- transformaciones educativas. Ponencia presentada en el Congreso Iberoamericano "Las transformaciones educativas". Buenos Aires, Noviembre de 1997.
- CONSTANZA R et al, 1997, The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387, 253-260.
- COUSTEAU J.Y, 1997, extracto de una conversación con el periodista Nathan Gardels, publicado en *El País* del jueves 26 de junio de 1997, página 27.
- DELICH F, 1997, El aporte de la educación a la democracia. Ponencia presentada en el Congreso Iberoamericano "Las transformaciones educativas". Buenos Aires, Noviembre de 1997.
- DÉSAUTELS J, LAROCHELLE M, GAGNÉ B y RUEL F, 1993, La formation à l'enseignement des sciences: le virage épistémologique, *Didaskalia*, 1, 49-67
- FLAVIN, CH., 1998, La financiación de una nueva economía energética. El discutible papel del Banco Mundial, *World Watch*, 10(6), (versión española, 1998, N° 5, pp 25-35)
- FOUREZ, G., 1997, *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. (Colihue: Buenos Aires).
- GIL D, 1993, Contribución de la Historia y 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, 1996, New trends in Science Education, *International Journal of Science Education*, 18(8), 889-901.
- GIL D, CARRASCOSA J FURIO C y MTNEZ-TORREGROSA J, 1991, *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. (Horsori: Barcelona)
- GIL D, FURIÓ C y CARRASCOSA J, 1995. *Curso de formación de profesores de ciencias. Comprender y orientar los cambios de la materia (5 volúmenes)*. (M.E.C.: Madrid)
- GIL D, GAVIDIA V y FURIÓ C, 1997, Problemáticas a las que la comunidad científica y la sociedad en general habrían de presatar una atención prioritaria. II Congreso Internacional de Universidades por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente. Granada, Diciembre de 1997.
- GIL D y VALDÉS P, 1995, Contra la distinción clásica entre "teoría", "prácticas experimentales" y "resolución de problemas": el estudio de las fuerzas elásticas como ejemplo ilustrativo, *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 9, 3-25.
- GILBERT J.K, 1992, The interface between science education and technology education, *International Journal of Science Education*, 14(5), 563-578.
- GIORDAN A, 1997, ¿Las ciencias y las técnicas en la cultura de los años 2000?, *KIKIRIKI*, 44-45, pp 33-34.
- GRUENDER C.D y TOBIN K, 1991, Promise and prospect, *Science Education*, 75(1), 1-8.

- HAVEL V, 1997, No somos los amos del universo, *El País*, lunes 29 de septiembre de 1997, página 13.
- 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 y REID D.J., 1998, Science for all: Motives, meaning and implications, *School Science Review*, June 88, pp 653-661.
- JIMÉNEZ M.P, 1995, La educación ambiental en los 90 (Editorial de un número monográfico sobre educación ambiental), *Alambique*, 6, pp 7-8.
- JIMÉNEZ M.P y OTERO L, 1990, La ciencia como construcción social, Cuadernos de Pedagogía, 180, 20-22.
- KAPLAN R.D, 1997, Was Democracy Just a Moment? *The Atlantic Monthly*. December 1997, pp 55-80
- KEMPA R.F, 1991, Students' learning difficulties in science. Causes and possible remedies. *Enseñanza de las ciencias*, 9(2).
- LE GOFF J, 1997, Entrevista realizada por J.C. Vidal en *El País* del 30 de agosto de 1997, página 12 del suplemento *Babelia*.
- LEWIN, R., 1997, *La sexta extinción*. (Tusquets: Barcelona).
- LOWE R, 1996, Les nouvelles technologies, voie royale pour améliorer l'apprentissage des sciences par l'image?, *ASTER*, 22, 173-194.
- MARCO B, 1997, La alfabetización científica en la frontera del 2000, *KIKIRIKÍ*, 44-45, pp 35-42.
- MARGALEF R, 1994, Por qué es tan difícil hacer predicciones interesantes. En Nadal J. (Ed), *El mundo que viene*. (Alianza: Madrid).
- MARTINAND J,L, 1985. *Connaitre et transformer la matiere*. (Ed Peter Lang S.A: Berna).
- MARTÍNEZ M, 1997, Teoría general sobre la educación en valores. Ponencia presentada en el Congreso Iberoamericano "Las transformaciones educativas". Buenos Aires, Noviembre de 1997.
- MAYOR ZARAGOZA F, 1997, Entrevista realizada por Enric González, *El País*, domingo 22 de junio de 1997, página 30.
- McDERMOTT L,C, 1990. A perspective on teacher preparation in physics - other sciences: the need for special science courses for teachers. *American J. of Physics*, 58(8), 734-742.
- M.E.C., 1989, *Diseño Curricular Base. Educación Secundaria Obligatoria* (Ed MEC: Madrid).
- MEMBIELA P, 1995, CTS en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales, *Alambique*, 3, pp 7-12.
- MILLOT M.C, 1996, Place des nouvelles technologies dans l'enseignement de la physique-chimie, *Didaskalia*, 8, 97-109.
- MYERS N, 1987, *El atlas Gaia de la gestión del planeta*. (Hermann Blume: Madrid).
- NAIR S, 1997, Las causas del crecimiento del islamismo, *Le Monde*

- diplomatique*, edición española, año II, número, pp 8-9.
- NAREDO J.M., 1997, Sobre el rumbo del Mundo, *Le Monde diplomatique*, edición española, año II, nº 20, pp 1 y 30-31 NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996, *National Science Education Standards*. (National Academy Press: Washington, DC)..
- PARDO A, 1995, *La educación ambiental como proyecto* (Horsori: Barcelona).
- PASSET R., 1997, "Las posibilidades (frustradas) de las tecnologías de lo inmaterial", *Le Monde diplomatique*, Edición española, año II, nº 21, pp 26-27.
- PIAGET J, 1969. *Psicología y Pedagogía*. (Ariel: Barcelona).
- PORLÁN R, 1993, *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. (DIADA: Sevilla).
- RAMONET I, 1997, *El mundo en crisis*. (Debate: Madrid)
- RUBERT DE VENTÓS X, 1997, No les des pescado, dales caña, *El País*, miércoles 25 de junio de 1997, página 12.
- SÁEZ M.J y RIQUARTS K, 1996, El desarrollo sostenible y el futuro de la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 175-182.
- SÁNCHEZ FERLOSIO R, 1997, Sobre el sindicalismo, *El País*, sábado 6 de septiembre de 1997, páginas 11-12.
- SÁNCHEZ RON M, 1994, ¿El conocimiento científico, prenda de felicidad?. En Nadal J. (Ed), *El mundo que viene*. (Alianza: Madrid).
- SAVATER F, 1994, Biología y ética del amor propio. En Nadal J. (Ed), *El mundo que viene*. (Alianza: Madrid).
- SIMPSON R.D et al, 1994, Research on the affective dimension of science learning. En Gabel D.L (ed), 1994, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (MacMillan Pub Co: N.Y).
- SOLBES J y VILCHES A, 1989. Interacciones C/T/S: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 14-20.
- SOLBES J y VILCHES A, 1997, STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry, *Science Education*, 81(4), 377-386.
- SOLOMON J, 1992, The classroom discussion of science-based social issues presented on television: knowledge, attitudes and values, *International Journal of Science Education*, 14(4), 431-444.
- TERTSCH H, 1997, Responsabilidad ante la humanidad, *El País*, martes 9 de septiembre de 1997, página 8.
- THOMAZ M.F, CRUZ M.N, MARTINS I.P y CACHAPUZ A.F, 1996, Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: contribuciones de la formación inicial, *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 315-322.
- VALDÉS P y VALDÉS R, Utilización de los ordenadores en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 412-415.

YAGER R,E y PENICK J,E, 1986.
Perception of four groups towards
science classes, teachers and value
of science. *Science Education*, 70 (4),
335-363.

YUS RAMOS R, 1997, Los enfoques "C-
T-S": una forma de globalizar en el
área de ciencias de la naturaleza,
KIKIRIKI, 44-45, pp 11-22.

NOTA: Este trabajo está basado en la ponencia "El papel de la educación ante las transformaciones científico-tecnológicas" presentada por D. Gil Pérez en el Congreso Iberoamericano "Las transformaciones educativas" (Buenos Aires, noviembre 1997).