

Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística

Ángel Vázquez-Alonso¹, José Antonio Acevedo-Díaz² y María Antonia Manassero Mas³

¹ Facultad de Educación. Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca-España. E-mail: angel.vazquez@uib.es

² Inspección de Educación. Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Delegación Provincial de Huelva-España. E-mail: ja_acevedo@vodafone.es

³ Departamento de Psicología. Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca-España. E-mail: ma.manassero@uib.es

Resumen: En este artículo se revisa críticamente la enseñanza propedéutica de las ciencias a partir de los nuevos planteamientos sociales de la escuela y de las aportaciones hechas por la didáctica de las ciencias. Como alternativa, se señalan otras finalidades educativas relacionadas con la noción de relevancia de la ciencia escolar. Se demanda la implantación de un currículo de ciencias con una orientación más humanística, basado en las propuestas del movimiento CTS para la alfabetización científico-tecnológica de todas las personas. Por último, se esbozan las líneas que podría seguir en la educación obligatoria un currículo de ciencias de este tipo.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias propedéutica, relevancia del currículo de ciencias, educación CTS humanística, énfasis curricular.

Title: Beyond the science teaching for scientists: toward a humanistic science education

Abstract: This paper reviews critically the traditional science teaching that focuses just to train scientists, from the new social role of schooling, and the contributions of science education research. As an alternative to traditional teaching, new educational aims related to the relevance of school science are pointed out. Based on the innovative proposals of the STS movement, and the scientific and technological literacy for all, a humanistic orientation for school science curriculum is claimed. Lastly, some guidelines to implement such a humanistic science curriculum in the compulsory education are outlined.

Key words: traditional science teaching, curriculum relevance, STS humanistic education, curricular emphasis.

Introducción

La enseñanza de las ciencias –EC en adelante– ha estado habitualmente al servicio de la preparación de los científicos y tecnólogos que necesita el sistema I+D+I –investigación, desarrollo e innovación–, pues la ciencia y la tecnología –CyT en adelante– están en la base de la prosperidad económica y

del bienestar personal y social, pese a sus limitaciones y contrapartidas negativas. Esta finalidad propedéutica ha orientado la EC a través de los años. Aunque con frecuencia la finalidad propedéutica ha sido puesta en cuestión desde diversos puntos de vista en la bibliografía especializada, se ha mantenido con firmeza como núcleo duro de la EC tradicional. Hoy día, sin embargo, la existencia de una educación obligatoria hasta los 16 años y la diversidad del alumnado, en los planos personal, social y cultural, plantean nuevos desafíos e interrogantes. El principal propósito de este artículo es revisar críticamente la finalidad propedéutica de la EC a la luz de las nuevas coordenadas sociales de la escuela y desde las aportaciones hechas por la didáctica de las ciencias. Así mismo, se muestran otras finalidades de la EC relacionadas con el concepto de relevancia de la ciencia escolar y se trazan las principales líneas de un currículo de ciencias para la educación obligatoria más en consonancia con estas nuevas finalidades.

De la época dorada a la crisis de la EC

La EC escolar tuvo su momento álgido durante el período de expansión de la gran ciencia o macrociencia *-big science-*, debido a la competencia entre las grandes potencias en los años de la guerra fría que siguieron a la segunda guerra mundial. La puesta en órbita de los satélites artificiales Sputnik I y II por la URSS en 1957, la posterior respuesta del Explorer I por los EE.UU. en 1958, y la creación de la agencia espacial norteamericana NASA desataron una carrera tecnológica que se ha mantenido en el tiempo, cuyas consecuencias han trascendido el mero avance del conocimiento científico-tecnológico para convertirse en sostén de la economía mundial.

La necesidad de especialistas en CyT impulsó la EC en el sistema educativo y las reformas curriculares de los años cincuenta y sesenta durante la denominada "era del Sputnik" o "época dorada" de la CyT (Bybee, 1997b; DeBoer, 1997; Dow, 1997; Rutherford, 1997). En síntesis, se pretendía conseguir más y mejores científicos e ingenieros, para lo cual se desarrollaron currículos escolares de ciencias centrados en los contenidos con el objetivo de seleccionar y formar a los más capaces, asentando así la finalidad propedéutica de la EC. Pronto se hizo patente que el conocimiento científico *per se* no era suficiente para preparar científicos e ingenieros de elite. También se requería formación en los métodos de la ciencia. Aunque sin apartarse del objetivo fundamental de una educación propedéutica elitista, en los años setenta, la ciencia de los procesos promovió la práctica de la metodología científica en la EC por descubrimiento autónomo, inspirada por el empirismo inductivo. Diversos proyectos de EC de esos años, tales como los de la fundación británica *Nuffield* o los norteamericanos *Chem Study* -Chemical Education Materials Study-, *PSSC* -Physical Science Study Committee-, *BSCS* -Biological Sciences Curriculum Study-, entre otros, son representativos de esa línea didáctica.

En 1979 Laurence Viennot defendió en París su tesis doctoral, considerada el inicio de la investigación didáctica sobre las concepciones alternativas de los estudiantes, cuyas consecuencias han sido demoledoras después de veinticinco

años de estudios empíricos. Sus resultados han puesto en crisis la EC, pues demuestran que el aprendizaje de las ciencias es deficiente desde el punto de vista de la lógica propedéutica. La CyT no se aprende de modo significativo y, en general, los conocimientos adquiridos no se aplican fuera de la escuela (Duit y Pfund, 1998). Por otra parte, las evaluaciones comparativas transnacionales desarrolladas en los últimos lustros por la IEA –*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*– a través del SISS –*Second International Science Study*–, el TIMSS –*Third International Mathematics and Science Study*–, el TIMSS Repeat y el TIMSS Trends, así como por la OECD –*Organization for Economic Cooperation and Development*– mediante el PISA –*Programme for International Student Assessment*–, además de confirmar las múltiples deficiencias de la EC, han añadido la comparación entre sistemas educativos, lo que ha desatado importantes controversias y polémicas públicas en aquellos países con peores resultados.

La crisis de la EC alcanza hoy a la mayoría de los países desarrollados, sobre todo en la educación secundaria (Fourez, 1999, 2002). Aunque esta crisis es consecuencia en parte de los problemas generales de la educación actual, también tiene rasgos propios y específicos, como los siguientes:

- El continuo descenso de estudiantes en los estudios universitarios de CyT y en las profesiones relacionadas con la CyT, tanto por una baja elección inicial como por el frecuente abandono de los que entran en la senda de la CyT, especialmente en la universidad, debido a la enseñanza que se practica. Las actitudes negativas hacia la CyT, adquiridas a lo largo de toda la escolaridad, están en la base de estas decisiones y, tal vez, son el núcleo central del problema (Acevedo, 2005a; Fensham, 2004; Lindahl, 2003; Sjøberg, 2004; Sjøberg y Schreiner, 2005).
- La imagen inadecuada de la ciencia –positivista, dogmática, desfasada, etc.– y de los científicos constituye un mito epistemológico que origina un doble perjuicio. Primero, no da a los estudiantes una visión adecuada de la CyT. Segundo, contribuye a inducir errores en la elección de carreras y estudios, pues, debido a esta falsa imagen, algunos estudiantes desechan los estudios científicos cuando podrían elegirlos, mientras que otros los eligen erróneamente y después los abandonan con la consiguiente pérdida de tiempo y recursos (Aikenhead, 2003a).
- La escasa alfabetización científica-tecnológica –ACT en adelante– de la mayor parte de la población es una evidencia que requiere soluciones. La importancia de la CyT, no sólo para la investigación, la economía y la industria, sino para la cultura general de la ciudadanía en las sociedades democráticas, es incompatible con el analfabetismo y la incompreensión pública de la CyT (Cross, 1999).
- El olvido del ámbito afectivo por la EC propedéutica origina que muchos estudiantes perciban la ciencia escolar como autoritaria, difícil, aburrida, irrelevante, impersonal, etc., lo que les hace rechazarla y evitarla. De este modo, se frena la ACT de la mayoría de los ciudadanos y, en particular, la de algunos grupos de personas. Por ejemplo, la CyT tiene cierto sesgo

masculino que aumenta la incomodidad de muchas alumnas con la CyT, sobre todo en física e ingenierías. Las chicas suelen tener actitudes más negativas respecto a la CyT y eligen determinados estudios de CyT en menor proporción que los chicos (Acevedo, 2005a; Sjøberg, 2004, Sjøberg y Schreiner, 2005). En los sistemas escolares occidentales, donde la igualdad de género es un valor apreciado, la falta de equidad de género sigue siendo un desafío para la EC (Vázquez y Manassero, 2004).

En resumen, puede decirse que el diagnóstico de la actual crisis de la EC y la frustración de los estudiantes ante la ciencia escolar sugiere causas bien conocidas, como son: (i) currículos excesivamente recargados, desfasados y poco relevantes, (ii) contenidos difíciles y aburridos, (iii) profesorado poco innovador para incorporar a la EC mejoras en la metodología, en los contenidos, en la aplicación de las TIC, etc., (iv) imagen estereotipada de la CyT y de los científicos, (v) fuerte contraste entre la ciencia que muestran los libros de texto y la actual tecnociencia de la vida cotidiana, (vi) desmitificación de los científicos e ingenieros, que han dejado de ser modelos sociales, etc. (Vázquez y Manassero, 2004).

La CyT actual: seducción y desencanto

La crisis actual de la EC se inserta, además, en un marco social donde la CyT se perciben, como el dios Jano, con doble faz, una de desencanto y otra de seducción. Ambos puntos de vista deben tenerse en cuenta para comprender la actual problemática de la EC.

Aunque la CyT están casi omnipresentes en las sociedades desarrolladas, los hábitos sociales tienden a excluir la CyT en las relaciones cotidianas. Paradójicamente, el conocimiento científico y tecnológico no suele formar parte de las relaciones sociales y culturales, ni del acervo necesario para la convivencia y la ciudadanía. Al contrario, a menudo la CyT son percibidas como un conocimiento hermético e inaccesible para la mayor parte de las personas, así como peligrosos instrumentos de opresión y control social al servicio del poder político, económico, militar y de minorías elitistas. Esta percepción negativa de la CyT genera desconfianza, cuando no un abierto rechazo, que es patente en algunas decisiones tecnocientíficas públicas, como puede ser la implantación de determinadas biotecnologías.

Ahora bien, las razones para este desencanto no sólo son externas. Algunas provienen de la propia CyT, sobre todo por la escasa atención que la mayoría de los científicos suelen prestar a la comunicación de la ciencia a la sociedad. Esta actitud contribuye a presentar el conocimiento de CyT como un arcano inaccesible propiedad de minorías selectas y cerradas, que fomenta el estereotipo del científico aislado en su torre de marfil, tan explotado aún por algunos medios populares de comunicación. De este modo, el ciudadano común no entiende las controversias tecnocientíficas, ni participa en ellas, con el consiguiente perjuicio para su resolución pública, lo que se traduce en la delegación de las decisiones a expertos y políticos. Por otra parte, el analfabetismo científico de la sociedad, que es a la vez causa y consecuencia

del desencanto, también puede provocar un efecto contrario al abandono de las decisiones en manos de expertos y políticos, como es su rechazo frontal, haciendo más radicales las controversias públicas, las cuales acaban siendo contestadas de un modo mucho más irracional. Por último, la oposición a la CyT se ve alimentada también por algunos fraudes y errores científicos graves, que se transmiten con gran escándalo por los medios de comunicación. En este caldo de cultivo, proliferan las actitudes de rechazo a la CyT, cuyas manifestaciones más extremas son la presencia de movimientos alternativos anticientíficos y los ataques de diversas filosofías relativistas radicales postmodernas, que llegan a negar la validez del conocimiento científico (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004).

Otras causas del desencanto hacia la CyT se cultivan en la propia escuela y se manifiestan en algunos indicadores ya citados en el apartado anterior. La imagen de la ciencia escolar que tiene el alumnado es negativa –p.e., difícil y aburrida– y, al mismo tiempo, se puede percibir la CyT como responsables de los más graves problemas medioambientales y sociales. Las alumnas tienen, en general, peores actitudes que los alumnos –en particular hacia la física y las ingenierías– y el desinterés hacia las materias científicas crece con la edad de los estudiantes. Las preferencias diferenciales entre diversas asignaturas muestran un rechazo general hacia la ciencia escolar, que en otros países occidentales es aún mayor que en el nuestro, lo que apunta la importante influencia de factores culturales y sociales en la génesis de estas actitudes (Acevedo, 2005a; Sjøberg, 2004; Sjøberg y Schreiner, 2005; Vázquez y Manassero, 2004).

Sin embargo, pese a este panorama de desencanto, también hay una faz esperanzadora de la CyT, puesta de manifiesto en algunos datos que indican cierta atracción hacia ambas. El interés público por diversos asuntos de CyT se mantiene en cotas altas, como muestran los barómetros de opinión y las encuestas sociales. La curiosidad por ciertos temas actuales de CyT es muy elevada (78%), pero con el matiz de ser menor para jóvenes que para adultos. La imagen pública de médicos, científicos e ingenieros es mejor que la de otros profesionales, así como la credibilidad en su consejo y asesoramiento para poder tomar ciertas decisiones, aunque la confianza en los expertos parece ser mucho menor entre los jóvenes, sobre todo en los países desarrollados (Acevedo, 2005a; Sjøberg y Schreiner, 2005). Otro indicador positivo es el interés que despierta en la ciudadanía las cuestiones relacionadas con la ética y los valores que los avances en CyT ponen en juego en asuntos tales como el aborto, las células madre, los alimentos transgénicos, la manipulación genética, los desafíos medioambientales, el uso de diferentes fuentes de energía, etc. En el caso de los jóvenes, el uso generalizado de las TIC, como el ordenador, el teléfono móvil, Internet, CD, DVD, etc. podría ser un indicador significativo del interés hacia la CyT –más bien hacia la tecnología–, con la consiguiente formación práctica que ello implica, la cual supera ampliamente a la que suele ofertar la escuela (Sjøberg, 2004).

Por último, hay que resaltar la presencia y la aportación de nuevos educadores sociales, como son los medios de comunicación, los museos y

casas de la ciencia, las asociaciones para la divulgación científica, etc., cuyas acciones complementan la EC formal de la escuela e incluso podrían contribuir a mejorarla. La educación no-formal y la informal no sólo proporcionan algunos recursos poco usuales y baratos que superan a los de la anticuada oferta escolar, sino que por medio de sus actividades, como semanas o jornadas de la ciencia, ferias científicas, museos interactivos de la ciencia, etc., ponen en acción nuevos mecanismos para activar la motivación y la curiosidad, actuando como instrumentos de atracción hacia la CyT. Estos medios también pueden servir como revulsivo para la ciencia escolar (Oliva *et al.*, 2004) y acicate para la propia innovación de la EC (Oliva, Matos y Acevedo, 2004).

Algunos rasgos de la EC propedéutica

La EC propedéutica se centra en los conocimientos más convencionales de la ciencia, supuestamente necesarios para culminar estudios superiores, por lo que está supeditada a las exigencias de la universidad. Ésta completa la formación disciplinar específica de los estudiantes, instruyéndolos y entrenándolos para incorporarse lo antes posible a la práctica de la ciencia normal –*sensu* Kuhn (1962)–. Puesto que la entrada en la universidad está regulada por pruebas de acceso, la EC propedéutica está abocada a la superación de este examen desde el inicio. Así mismo, la división académica departamental de la universidad se trasmite a la EC propedéutica en la educación secundaria, mediante una mimética división disciplinar –física y química, biología y geología– para controlar la presencia de los contenidos académicamente correctos, de modo que las posibles alternativas didácticas a la prescripción tradicional son apuestas heterodoxas y desprestigiadas de partida, porque pueden conducir al fracaso en el examen de acceso a la universidad (Pilot, 2000).

Además, la EC propedéutica es una enseñanza elitista, pues sólo una minoría –alrededor del 11% en la Unión Europea– de una cohorte de estudiantes de la misma edad acaba cursando algún tipo de estudio relacionado con la CyT. Este bajo porcentaje no parece preocupar demasiado a la universidad, porque quizás esa minoría puede ser suficiente para cubrir sus necesidades. Sin embargo, desde una perspectiva social y educativa más amplia, la realidad escolar y didáctica que hay detrás de esta finalidad muestra aspectos muy poco adecuados. Por un lado, su elitismo, basado en la selección de los más capaces, contradice el principio de equidad propio de la educación obligatoria. Por otro, la utilidad de los aprendizajes propedéuticos es escasa y, además, muy diferida en el tiempo –“ya veréis más adelante para qué sirve esto...”–, pues no tienen que ver con la vida cotidiana, sino con una realidad muy posterior, que sólo la minoría que persevere en la CyT la desarrollará quizás en la universidad (Acevedo, 2004). La consecuencia más inmediata de ello es que el alumnado rechaza los itinerarios científicos y huye de la CyT tan pronto como puede elegir, convirtiéndose las opciones científicas en minoritarias. Éste es el resultado de “enseñar mucho a muchos para ir a ninguna parte”, que alimenta continuamente un ciclo absurdo y perverso: “no

se enseña para los estudiantes porque no eligen CyT... y no las eligen porque no se enseña para ellos”.

La EC propedéutica tiene otros serios inconvenientes. En primer lugar, la incapacidad de muchos profesores para imaginar otra finalidad diferente a la propedéutica les lleva a no considerar la necesidad de cambios en la EC (Furió *et al.*, 2001). A la vez, su socialización cultural y profesional exclusiva en CyT les hacen sentirse guardianes y portavoces de la ortodoxia científica, asumiendo el papel de distribuidores de un conocimiento científico convencional, que pone más su acento en el pasado, muy poco en el presente y menos aún en el futuro (Martín-Gordillo, 2003).

En segundo lugar, la preparación del futuro científico mediante la EC propedéutica ni educa ni forma, sino que más bien deforma, pues produce un adoctrinamiento científico empobrecedor, que es acrítico y reduccionista, incluso para los pocos que serán científicos en el futuro. Olvida aspectos humanos básicos de la educación, como la personalidad, los sentimientos y las emociones, las implicaciones sociales de la CyT, los aspectos morales y éticos, los valores, la historia de la CyT, etc. Los estudiantes no reciben una cultura científica abierta y creativa, con horizontes epistemológicos amplios, sino que, desde el primer momento, la socialización del futuro científico se limita a los paradigmas dominantes en la ciencia normal, a hechos y conceptos, y a una metodología científica muy estricta, inductivista y racionalista, donde están ausentes los aspectos sociales, afectivos y emotivos.

En tercer lugar, el elitismo señalado produce una educación muy asimétrica. Así, en secundaria, y bachillerato sobre todo, se da la paradoja de que los estudiantes de ciencias siguen recibiendo una importante carga de enseñanza de humanidades, mientras que los estudiantes de humanidades no tienen la posibilidad de incrementar su cultura científica desde una perspectiva humanística.

En resumen, la EC propedéutica falla porque ignora otras valiosas finalidades de la EC, como la ACT para todas las personas, al mismo tiempo que olvida aspectos de gran interés, como la utilidad de la CyT, la educación de actitudes y valores, las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS en adelante– y una formación en CyT más amplia y sólida culturalmente para los pocos que serán científicos en el futuro (Acevedo, 2004).

Alternativas innovadoras en didáctica de la ciencia

Como se ha apuntado en un apartado anterior, la EC propedéutica cobró gran importancia en los años cincuenta, cuando la necesidad de preparar científicos e ingenieros era un objetivo acuciante debido a la situación política internacional en un mundo separado en dos grandes bloques que estaban en plena competición científico-tecnológica por razones de poder político y dominación internacional. No obstante, debe añadirse que no sólo era elitista la EC, sino todo el sistema educativo, pues el derecho a la educación para completar estudios medios y superiores estaba limitado a minorías. En ese

escenario, la finalidad propedéutica de la EC era también coherente con la orientación general selectiva del sistema educativo.

Hoy día la situación social y escolar ha cambiado mucho; el derecho a la educación gratuita es pleno en numerosos países y los jóvenes pueden permanecer en el sistema escolar prácticamente hasta los veinte años, completando diversos tipos de estudios. En este nuevo contexto, carece de sentido una educación para minorías, porque quiebra el principio de equidad y dilapida medios y recursos en una educación poco eficaz. Además, en el presente, la educación pretende alcanzar a todos los ciudadanos para convivir en democracia y contribuir al bienestar del mundo, lo cual obliga a adaptar las finalidades de la EC a este nuevo marco. Por eso, sin olvidar una formación adecuada de los futuros científicos y técnicos necesarios para el mantenimiento del sistema de CyT, se habla de una ciencia para todos y para la ciudadanía, donde tiene más importancia comprender la naturaleza y los procesos de la ciencia que dominar conceptos científicos.

Como respuesta a estas necesidades y a los inconvenientes de la EC propedéutica, durante los últimos lustros han surgido en la didáctica de las ciencias algunos movimientos identificados por lemas como (i) *ciencia, tecnología y sociedad*, (ii) *ciencia para la ciudadanía*, (iii) *alfabetización científica y tecnológica*, (iv) *ciencia para todas las personas*, (v) *educación científica humanística*, etc., los cuales proporcionan nuevas finalidades y orientaciones educativas para la EC.

El movimiento CTS propone orientaciones para la EC basadas en el tratamiento conjunto de los tres términos del acrónimo CTS (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002). Su metodología proporciona el andamiaje necesario para el desarrollo curricular de una ciencia para todas las personas, al mismo tiempo que comparte objetivos comunes con los otros lemas citados, tales como utilidad de la CyT, comprensión pública de la CyT, educación CyT para la ciudadanía, ACT, atención a la naturaleza de la ciencia –NdC en adelante–, historia de la CyT, educación en valores de la CyT y medioambientales, tratamiento de las creencias éticas en igualdad con las preconcepciones científicas, etc.

La máxima de ciencia para todas las personas es la respuesta más directa a una ciencia escolar para minorías. Pretende atender la diversidad individual, cultural y social del alumnado, realizando los currículos inclusivos y con relevancia para todos los estudiantes (Fensham, 1985, 2000b; Hodson y Reid, 1988; UNESCO, 1990, 1994). Se trata, pues, de una EC centrada en el alumnado y en la sociedad, que subraya el desarrollo de valores y actitudes en el mismo plano que conceptos y procedimientos (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003; Reid y Hodson, 1989).

La ACT es un lema que guarda cierta analogía con la alfabetización lectora establecida en la sociedad industrializada del siglo XIX (Fourez, 1997). El significado poliédrico de la ACT complica su definición conceptual (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003; Aikenhead, 2003b; Bybee, 1997a; DeBoer, 2000; Gil y Vilches, 2001; Kemp, 2002; Laugksch, 2000; Sjøberg,

1997), hasta tal punto que algunos autores consideran que su pleno logro es un mito inalcanzable y no resulta tan esencial para la ciudadanía como lo puede ser la alfabetización lecto-escritora (Shamos, 1995; Fensham, 2002a,b), una posición contra la que han reaccionado diversos autores (Gil y Vilches, 2004; Gil-Pérez *et al.*, 2005). A pesar de todo, la ACT está apoyada por los programas de extensión de cultura científica de la UNESCO (UNESCO-ICSU, 1999a,b; UNESCO-PROAP, ICASE y SEAMEO-RECSAM, 2001) y por la OECD, que la ha hecho operativa en su programa de evaluación internacional PISA mediante un conjunto de indicadores (Harlen, 2001, 2002; OECD, 1999). Con este lema debería pretenderse sobre todo la comprensión pública de una CyT más humanizada y centrada en las necesidades personales y sociales para poder desenvolverse mejor en el mundo tecnocientífico de hoy. Desde esta perspectiva, la ACT incorpora como objetivos (i) contribuir a formar una actitud adecuada respecto a las implicaciones sociales y culturales de la CyT, que permita formarse un juicio más apropiado de los asuntos tecnocientíficos de interés público, (ii) fomentar el sentido de responsabilidad crítica y el estímulo necesario para la participación en los asuntos sociales tecnocientíficos, (iii) favorecer el desarrollo y la consolidación de actitudes democráticas, respeto a las minorías y al medio ambiente, (iv) ayudar a percibir la CyT de un modo más próximo y familiar, y (v) estimular la vocación por los estudios de CyT.

La máxima de ciencia para la ciudadanía subraya como objetivo principal de la EC capacitar para la acción en dos planos diferentes; el personal en la vida diaria y el social en la participación cívica (Acevedo *et al.*, 2004, 2005; Cross, 1999; Martín-Gordillo y Osorio, 2003). El primero propone una ciencia escolar para promover el bienestar personal mediante la toma de decisiones cotidianas en asuntos como consumo responsable, cuidado de la salud, uso de las biotecnologías, conservación del medio ambiente, empleos relacionados con la ciencia, etc. El segundo hace hincapié en la necesidad de promover el bienestar social en sus dimensiones democrática y económica, lo que supone la comprensión de la CyT contemporánea para participar con responsabilidad en las decisiones tecnocientíficas de interés público en los ámbitos comunitarios local, regional, nacional o mundial. Así mismo, implica la comprensión de la NdC en un sentido amplio, no restringido a los aspectos epistemológicos (Manassero, Vázquez, Acevedo, 2004; Fensham, 2004; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004; Vázquez *et al.*, 2004).

Todos estos lemas están conectados entre sí, pues comparten un núcleo común algo difuso, basado en la idea de que CyT son creaciones humanas y contingentes respecto a los marcos histórico y social de creación del conocimiento (Martín-Díaz, 2004). La EC debe ser sensible a esta idea, de modo que, lejos de limitarse a exhibir sólo los aspectos epistémicos y cognitivos, como pretende la EC propedéutica, se tomen en consideración los factores axiológicos, subjetivos y contextuales que también influyen en la creación del conocimiento. Todos ellos deben formar parte del currículo de ciencias explícito, junto con la cultura y la sociedad donde se enseña la ciencia. El movimiento CTS permite establecer puentes entre todos estos lemas, ayuda a relacionarlos entre sí y proporciona la argamasa que los sostiene, aunque su

carácter poco sistemático (Layton, 1994; Ziman, 1994) y quizás excesivamente difuso (Marco, 1997) podría disuadir a los más ortodoxos (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003; Aikenhead, 2003a,b).

Luces y sombras de las reformas e innovaciones de la EC

Las orientaciones y recomendaciones de los movimientos que propugnan los diversos lemas señalados en el apartado anterior y las propuestas consolidadas de investigación en didáctica de la ciencia han inspirado diversas reformas de los currículos de ciencias emprendidas en muchos países durante los últimos lustros, aunque en grado variable. En general, las iniciativas han sido variopintas, resultado de los consensos locales en los países donde se han puesto en marcha a partir de las distintas tradiciones culturales y educativas, y de la lógica tensión entre innovación y tradición. Así, durante la década de los ochenta aparecieron en la didáctica de las ciencias dos líneas de renovación principales, que influyeron en las reformas curriculares puestas en marcha en los años noventa.

Una primera línea, de corte más disciplinar, toma como punto de partida la filosofía y la psicología constructivistas y las aportaciones de las investigaciones sobre las concepciones alternativas de los estudiantes. Sus propuestas iban dirigidas sobre todo a la mejora de los aprendizajes de los conceptos científicos mediante estrategias didácticas de cambio conceptual (Marín, 1999; Oliva, 1999), al que se añadió el cambio metodológico (Gil y Carrascosa, 1985; Gil, *et al.*, 1991) y el cambio actitudinal (Vázquez y Manassero, 1998). El currículo de ciencias derivado de la reforma educativa española de 1990 –LOGSE– tuvo como inspiración principal estas propuestas, aunque también influyeron en él otras fuentes diversas.

Una segunda línea, de carácter más interdisciplinar, se inspira en la aplicación de los postulados del movimiento CTS a la EC en el aula. Éste propone una enseñanza integrada de la CyT en el contexto social, donde la tecnología haría de puente entre la ciencia y la sociedad. El predominio de los conceptos científicos, típico del currículo tradicional de ciencias, se desplaza hacia los contenidos culturales y humanísticos –historia, filosofía y sociología de la ciencia–, funcionales –vida cotidiana y bienestar público y personal–, axiológicos –aspectos éticos y morales de la CyT–, afectivos y emotivos –actitudes hacia la CyT– y sociales –decisiones tecnocientíficas de interés público y medio ambiente–.

La LOGSE de 1990 adoptó como línea central la primera de las anteriores, pero también incorporó algunas de las propuestas CTS. En el currículo de bachillerato, dos temas CTS en cada materia de ciencias y una asignatura optativa CTS, que no se implantó en todas las Comunidades Autónomas y suele ser minoritaria entre los estudiantes allí donde se ha implantado. En la etapa de educación secundaria obligatoria, el currículo acabó organizándose prácticamente por disciplinas, aunque denominada área de Ciencias de la Naturaleza, que se diversificó en Biología y Geología y Física y Química en los dos últimos cursos. También se creó una nueva área de Tecnología, que

aunque innovadora en su origen, en parte ha dificultado un enfoque CTS más coherente e integrado en esta etapa educativa al ser un área independiente. Esta organización curricular ha diluido las innovaciones, permitiendo que, en la práctica, hechos y conceptos científicos volvieran a situarse en primer plano. En la educación primaria, el diseño integrado del área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural podría haber facilitado una visión CTS humanística. Sin embargo, la práctica docente ha estado muy alejada de esa posibilidad, en buena medida debido a la escasa formación científica inicial de los maestros, los cuales suelen dar preferencia a los contenidos culturales y sociales en detrimento de los más específicos de CyT (Oliva y Acevedo, 2005). El balance en la educación primaria es negativo, pues se ha frustrado una educación más humanística de la CyT cuando el currículo oficial integrado parecía favorecerla.

A finales del año 2000, la denominada reforma de las Humanidades cambió los currículos dándoles un contenido mucho más tradicional (MECD, 2001a,b), como se ha discutido ampliamente en otros trabajos (AA.VV., 2002, 2003; Hernández, Solbes y Vilches, 2001), aunque en esos currículos también aparece algún que otro detalle de interés (un capítulo titulado "Química y Sociedad" en la educación secundaria o la importancia concedida a las TIC en Tecnología). La posterior suspensión del calendario de aplicación de la LOCE de 2002 y la reciente aprobación de un nuevo proyecto de Ley Orgánica de Educación (LOE), a los que hay que añadir la facultad de las distintas Comunidades Autónomas para diseñar su propia ordenación educativa han originado incertidumbre sobre el desarrollo futuro y algunas expectativas de mejora.

Por otra parte, a menudo se olvida que es imprescindible la evaluación de todo aquello que se considere importante como para merecer su inclusión en el currículo (Pilot, 2000). En este sentido, los exámenes institucionales de cada país también son responsables, por omisión, de la poca eficacia de los cambios, porque los contenidos de las innovaciones humanísticas de la EC no suelen estar presentes en ellos, diseñados siempre a favor de los contenidos más tradicionales y propedéuticos (Oliva y Acevedo, 2005). Estos exámenes ponen en marcha un bucle perverso, que es letal para la implantación de las innovaciones: *no se enseña lo nuevo porque no se evalúa... y no se evalúa porque no se enseña*. En definitiva, puede afirmarse que las innovaciones que no se integran armónicamente en los currículos se ven condenadas al fracaso más tarde o más temprano, porque apenas consiguen modificar el resistente núcleo duro propedéutico del currículo real aplicado en las aulas (Fensham, 2004).

En los últimos años, el desarrollo de diversos proyectos transnacionales de evaluación comparativa, como TIMSS y PISA, están aportando resultados empíricos sobre los aciertos y errores cometidos en el camino recorrido por las reformas de la EC. Estos proyectos tienen cada vez más influencia a la hora de iluminar las decisiones de política educativa para encarar el futuro de la enseñanza de las ciencias, entre otras materias que evalúan.

El TIMSS –aplicado en España entre 1994 y 1995– se planifica a partir de los currículos normativos de los países participantes (López-Varona y Moreno-Martínez, 1996). La diversidad de éstos condiciona el diseño del TIMSS, predominando en buena medida los contenidos más tradicionales en las pruebas y cuestiones, con un importante porcentaje de preguntas de recuerdo de información. Los resultados de esta evaluación contribuyeron a reforzar la necesidad de los aprendizajes tradicionales y, así, TIMSS 1995 puede haber servido más para fortalecer la enseñanza propedéutica que para afrontar sus defectos. Ahora bien, el TIMSS también ha aportado datos sobre la presencia de los temas CTS humanísticos en el currículo. El promedio de estos temas en los libros de texto se sitúa en torno al 4% y el promedio de tiempo que el profesorado manifiesta dedicarle en el aula es aproximadamente el 3%. Ninguno de los países que dedican más tiempo a estas cuestiones obtuvo buenos resultados de rendimiento general, pero aquellos con mejor rendimiento general sí obtuvieron buenas puntuaciones en las cuestiones CTS (Vázquez y Manassero, 2002). Por otro lado, TIMSS ha puesto de manifiesto que un buen rendimiento en hechos y conceptos de CyT no garantiza mayor interés por la ciencia, siendo muy significativo al respecto el caso de Japón, que obtuvo la mejor puntuación de rendimiento general, pero se sitúa en los últimos puestos respecto al gusto que los estudiantes manifiestan por la ciencia (Fensham, 2004); un resultado que el proyecto internacional ROSE –*Relevance of Science Education*– ha ratificado casi una década después (Acevedo, 2005a; Sjøberg, 2004; Sjøberg y Schreiner, 2005).

Las evaluaciones PISA, planificadas para 2000, 2003 y 2006, presentan un enfoque diferente, centrado, respectivamente, en el concepto de alfabetización lecto-escritora, matemática y científica. El diseño de las cuestiones PISA tiene un formato más abierto que las del TIMSS, para intentar medir competencias generales y básicas más que conocimientos académicos, las cuales implican la aplicación de conocimientos y procedimientos científicos a situaciones del mundo real; esto es, PISA opta por un modelo de alfabetización científica conceptual y procedimental (Acevedo, 2005b; OECD, 2003). Uno de los resultados más importantes de las aplicaciones PISA 2000 y 2003 ha sido la desaparición o disminución en muchos países de las diferencias de género en CyT, pues los alumnos y las alumnas obtienen resultados similares (OECD, 2001, 2004). La evaluación de 2006 estará centrada en CyT y, como principal innovación, pretende incluir la evaluación de las actitudes hacia la CyT, dando relieve a la educación de actitudes como un objetivo valioso del aprendizaje de las ciencias (Acevedo, 2005b; Fensham, 2004).

Los párrafos anteriores sugieren que no basta con incluir en el currículo de ciencias las innovaciones que propugnan los lemas reseñados en el apartado precedente. Su aplicación debe ser más cuidadosa para garantizar que el currículo no vuelva a ser más de lo mismo. Así, la implantación de la ACT para todas las personas requiere cierta integración curricular para alcanzar unos objetivos comunes que vayan más allá del simple conocimiento; por ejemplo, la división entre ciencias y tecnología en la educación secundaria obligatoria no favorece la innovación CTS. La distinta formación inicial del profesorado,

generalista en la enseñanza primaria y especialista en la enseñanza secundaria, entorpece la conexión entre ambas etapas y es otra dificultad para la innovación (Oliva y Acevedo, 2005). El escollo más grave es, quizás, la falta de un consenso real sobre los aprendizajes esenciales para todo el alumnado, mientras que el acuerdo sobre los contenidos propedéuticos no parece tener fisuras, porque la homogeneidad del punto de vista de los científicos facilita el consenso. Sin embargo, la EC propedéutica no es válida para una mayoría de estudiantes que está fuera de la ciencia, por lo cual es necesario un debate a fondo sobre los aprendizajes básicos. El concepto de *relevancia de la ciencia escolar*, al que se dedicará el siguiente apartado, puede ser clave para guiar este debate (Acevedo, 2004; Aikenhead, 2003a; Fensham, 2004).

Relevancia de la ciencia escolar

El proyecto ROSE, dirigido por Sjøberg (2003), adopta el concepto de relevancia para la EC, dando voz a los estudiantes al final de la enseñanza obligatoria para intentar descubrir los factores que convierten la ciencia escolar en poco interesante y desajustada a sus necesidades reales (Sjøberg y Schreiner, 2003; Schreiner y Sjøberg, 2004). Si bien los jóvenes están de acuerdo en que la ciencia es útil para conseguir un trabajo, no les gustaría estudiar más ciencias en la escuela, ser científicos en el futuro o trabajar en tecnología (Acevedo, 2005a; Jenkins y Nelson, 2005; Sjøberg, 2004; Sjøberg y Schreiner, 2005; Vázquez y Manassero, 2004). Esta falta de interés de los estudiantes hacia la CyT es hoy el principal problema de la EC, cuya solución requiere una especial y vigorosa atención a los aspectos actitudinales, afectivos y emocionales del currículo de ciencias con el fin de generar curiosidad y motivar más al alumnado (Fensham, 2004).

Puesto que en la educación confluyen legítimamente muchas partes con intereses diversos, a veces en conflicto, la noción de relevancia de la ciencia escolar es fundamental (Acevedo, 2004; Fensham, 2000a; Mayoh y Knutton, 1997). En torno a este concepto se plantean diversas cuestiones claves tales como: (i) *qué* es relevante, (ii) *para quién* lo es –alumnado, profesorado, padres, políticos, científicos, ingenieros, empresarios, etc.–, (iii) *para qué* lo es –la vida cotidiana, ejercer la ciudadanía, proseguir estudios, conseguir un empleo, ser científico o ingeniero, etc.– y (iv) *quién decide* lo que es relevante. Aikenhead (2003a) ha propuesto una serie de categorías, que se sintetizan y desarrollan a continuación, incluyendo algunas contribuciones propias (véase la tabla 1). Para cada tipo de ciencia escolar, estas aportaciones añaden hacia qué está enfocada, la valoración del interés para el alumnado y para los políticos de la educación, y algunos ejemplos de cada una de ellas.

1. *Ciencia propedéutica*. Es el tipo de ciencia enfocada para proseguir estudios científicos y superar los exámenes externos para ello. Preferida por científicos académicos, profesores de ciencias y políticos de la educación, se centra en los contenidos más convencionales y ortodoxos de la ciencia. En general, es poco interesante para la mayoría del alumnado, excepto quizás para los pocos que eligen continuar en CyT.

| Categoría de relevancia | ¿Quién decide? | ¿Para qué? | Enfocada hacia... | ¿Para quién? | Interés para... | | ¿Qué CyT? | Ejemplo |
|-----------------------------|--|--|--|--|-----------------|-----------|-------------------------------------|--|
| | | | | | Alumnado | Políticos | | |
| Ciencia propedéutica | Políticos, científicos académicos y profesores | Formar científicos o ingenieros | Ciencia y tecnología | Futuros profesionales de CyT | Bajo | Alto | Ciencia convencional y ortodoxa | Leyes de Newton, estructura molecular |
| Ciencia social | Expertos sociales y asesores | Decisiones sociales tecnocientíficas | Participación democrática | Ciudadanos | Alto | Bajo | Tecnociencia | Política I+D, biotecnologías |
| Ciencia funcional | Científicos industriales, empresarios y funcionarios | Capacidades técnicas generales | Calidad del producto y resultados eficientes | Trabajadores en puestos relacionados con CyT | Medio | Alto | Contenido de puesto de trabajo real | Interpretar pruebas para la toma de decisiones |
| Ciencia seductora | Periodistas y divulgadores de la ciencia | Asombrar y seducir con la CyT | Espectáculo y entretenimiento | Público | Alto | Medio | Desafíos, riesgos y amenazas | Clonación, asteroides, terremotos |
| Ciencia doméstica | Ciudadanos, ingenieros, arquitectos, médicos, etc. | Decisiones domésticas | Bienestar personal y colectivo | Ciudadanos | Medio | Variable | Vida cotidiana | Salud, medio ambiente, consumo |
| Ciencia curiosa | Estudiantes | Satisfacer la curiosidad personal | Estudiantes | Estudiantes | Alto | Bajo | Idiosincrásica | Vida extra-terrestre, TIC |
| Ciencia cultural | Intelectuales | Armonizar la cultura social con la CyT | Cultura social | Ciudadanos y estudiantes | Alto | Variable | Proyectos locales | Creencias populares y ciencia |

Tabla 1.- Categorías de la relevancia de la ciencia y tecnología según la persona que decide, la finalidad, el foco central, los destinatarios, el grado de interés y el contenido.

2. *Ciencia social*. Indispensable para que las personas legas en CyT puedan enfrentarse en la vida real a cuestiones tecnocientíficas de interés público y tomar decisiones racionales sobre ellas. Este tipo de ciencia se centra en el funcionamiento de la tecnociencia actual y es suministrada por expertos sociales y otros asesores. Es, pues, una ciencia para facilitar el ejercicio de la ciudadanía en democracia mediante la acción social.

3. *Ciencia funcional*. Necesaria para trabajar en empresas y puestos de trabajo relacionados con la CyT. Los contenidos científicos convencionales se subordinan a la adquisición de capacidades más generales, útiles para el ejercicio profesional. Este tipo de ciencia es el preferido por empresarios, profesionales de la ciencia industrial y la tecnología, etc. Persigue mayor calidad y eficiencia en el puesto de trabajo, aunque también puede ayudar a entender la construcción social de la CyT en la toma de decisiones laborales.

4. *Ciencia seductora*. Habitual en los medios de comunicación de masas, tales como documentales de televisión, revistas de divulgación científica, Internet, etc. Pretende conseguir audiencia mediante el espectáculo y el sensacionalismo, lo que contribuye a mostrar una imagen estereotipada y desproporcionada de la CyT. Suele ser típica de muchos periodistas y divulgadores de la ciencia.

5. *Ciencia doméstica*. Esencialmente práctica, es deseada por su utilidad y aplicación para la vida cotidiana. Incluye muchos de los denominados contenidos transversales, tales como salud e higiene, consumo, nutrición, educación sexual, seguridad en el trabajo, educación vial, etc. La selección de contenidos suele ser el resultado de la interacción entre los expertos en esos temas y la ciudadanía.

6. *Ciencia curiosa*. Surge de la propia curiosidad y, por tanto, está muy ligada a la idiosincrasia personal y cultural. Presta especial atención a los temas de CyT que más pueden interesar a los propios estudiantes, por lo que son éstos quienes deberían decidir lo que es relevante.

7. *Ciencia cultural*. Pretende promover contenidos interdisciplinarios más centrados en la cultura de la sociedad que en las propias disciplinas científicas. Los hábitos culturales de la sociedad donde viven los estudiantes se toman como referencia para decidir lo que es relevante en la EC. Esta categoría puede incluir otras de los tipos anteriores. La visión cultural de la ciencia va más allá de la propia cultura popular para considerar la CyT como una subcultura más de la humanidad. Es característica de proyectos locales o globales basados en motivos culturales concretos y contribuye a reducir la brecha entre las dos culturas –"ciencias" y "letras"– que hace casi medio siglo criticó Snow (1959).

El discurso sobre la relevancia de la ciencia escolar sugiere que puede haber muchos currículos de CyT diferentes al de la EC propedéutica, según las respuestas dadas a las cuestiones planteadas. Es más, una misma respuesta a la pregunta "*¿para qué es relevante?*" puede dar lugar a distintos desarrollos curriculares, dependiendo de lo que se haya contestado a las demás cuestiones y, viceversa, un mismo desarrollo curricular puede responder a distintas preguntas, de modo que las cuestiones claves y las respuestas que se den no son independientes entre sí.

El factor evolutivo y el contexto cultural son dos aspectos básicos para comprender que una solución basada únicamente en la respuesta dada a "*¿para quién es relevante?*" no puede satisfacer los diversos requerimientos simultáneos que suelen hacerse a la educación y, por tanto, al currículo de ciencias. El factor evolutivo tiene, al menos, dos importantes consecuencias para el currículo de ciencias. Una es la adaptación piagetiana del currículo a la edad y maduración de los estudiantes. La otra afecta a la diversidad de papeles sociales que habrán de asumir en el futuro las personas que se educan. Cuando los estudiantes abandonen la escuela, se convertirán en ciudadanos que desempeñarán diversos papeles sociales –consumidores, padres y madres, profesionales, trabajadores, contribuyentes, etc.–, de modo que se debería educar para ello. En consecuencia, el currículo de los cursos

obligatorios de ciencias debería responder, a la vez, a objetivos más propiamente disciplinares y a objetivos funcionales que deberían ser transversales a todas las asignaturas.

Educación CTS humanística

Recientemente, Aikenhead (2003a, 2004) ha sintetizado en un enfoque humanístico-cultural para la EC los lemas de los movimientos innovadores que se han reseñado en este artículo. Este enfoque se caracteriza por centrarse en los estudiantes para desarrollar su identidad cultural y personal, animarles a participar como ciudadanos en la sociedad y a interesarse por dar sentido personal y social al conocimiento de la CyT. En realidad, puesto que este enfoque recoge la filosofía y las propuestas básicas del movimiento CTS, quizás sería más adecuado denominarlo *enfoque CTS humanístico* para dar así relieve a su origen.

La EC debe alcanzar su integración en contextos culturales específicos y contribuir a reducir la brecha entre las dos culturas –científica y humanística– señaladas hace tiempo por Snow (1959). Ello implica proporcionar una imagen más ajustada a la realidad actual de la naturaleza humana, cultural y social de la CyT, desarrollar una sensibilidad crítica acerca de los impactos sociales y medioambientales de la CyT y educar para la participación pública en la evaluación y el control de la CyT (Acevedo, 2004; Acevedo *et al.*, 2005; Martín-Gordillo y Osorio, 2003). La relevancia cultural debería ampliar los horizontes disciplinares de la cultura de los estudiantes de ciencias, mejorando su formación en los aspectos humanísticos básicos de la CyT. Así mismo, también debería servir para proporcionar a los estudiantes de humanidades y sociales una cultura en CyT básica, humanística y contextualizada.

La escuela hace una división entre materias humanísticas y científico-tecnológicas, que a menudo se perciben como opuestas. Según Donnelly (2004) las humanidades se caracterizan por cuatro rasgos: (i) educación para la autonomía personal y la capacidad de realizar juicios e interpretaciones independientes, (ii) indeterminación de la propia materia, (iii) búsqueda del sentido integral en el marco de las relaciones humanas y (iv) posibilidad de coincidencias en el juicio, pese al relativismo que supone la indeterminación.

En sus orígenes, la ciencia era filosofía natural y formaba parte de las humanidades, pero su posterior institucionalización y profesionalización dieron lugar a un distanciamiento progresivo, que hizo más hincapié en las diferencias y los contrastes, lo que ha ido difuminando el carácter humano de la ciencia. Así, suele considerarse que las ciencias son, sobre todo, racionalistas y no tienen en cuenta las emociones, los sentimientos, la moral y la historia, mientras que las humanidades se sitúan en el polo opuesto. Esta separación ha contribuido a crear el mito científicista y la imagen autoritaria y cerrada de la CyT, que estarían en la base de la EC tradicional y propedéutica.

Las críticas epistemológicas al científicismo y al positivismo han abierto el camino a la reconsideración de los factores contextuales, psicológicos y sociales en la CyT, de modo que la reivindicación de estas cualidades por el

enfoque CTS invitan a la CyT a regresar al redil humanista. Duschl (1988) empleó el vocablo "*humanístico*" como calificativo genérico de los enfoques educativos que se enfrentan al carácter autoritario y cientificista de la ciencia escolar tradicional. Para otros autores, el giro humanístico de la EC estaría ligado a la adopción de técnicas pedagógicas y contenidos contextuales de las humanidades, entre los cuales la inclusión de la historia de la CyT suele ser más frecuente (Finegold, 2001; Wang y Marsh, 2002). Hay quien insiste en cambiar el modo narrativo de la CyT hacia un lenguaje humanístico, donde la CyT formen parte de un proyecto de creación y transmisión cultural (Carson, 1997). Por último, también se sugiere el uso de recursos humanísticos más culturales, como el antropomorfismo (Watts y Bentley, 1994), el personalismo frente al excesivo universalismo (Hodson, 1998), el feminismo contra el androcentrismo (Parker, 1997) y el socio-culturalismo como reto a la insensibilidad cultural de la CyT (Cobern y Aikenhead, 1998).

El enfoque CTS ha incorporado al currículo de ciencias muchos elementos de estas críticas, generalmente hechas desde fuera de la CyT. Stinner (1995) considera que son enfoques humanísticos todos aquellos que sitúan la CyT en un contexto humano, narrativo e interpretativo, de modo que el enfoque CTS, cuya tesis central es el estudio de la CyT en contexto, cae dentro de esa categoría. Según Donnelly (2004), entre las diversas propuestas para las reformas curriculares de la EC, el enfoque CTS es la orientación innovadora que satisface mejor los rasgos característicos de las humanidades, mientras que la orientación basada en la investigación resultaría más problemática. Se justifica así la denominación de educación CTS humanística para describir los currículos escolares de CyT inspirados en las orientaciones del movimiento CTS, denominación que también ha sido sugerida también por otros autores (Aikenhead, 2003a, 2004).

En lo que sigue se harán algunas reflexiones y propuestas relativas al profesorado, al alumnado y al currículo de ciencias para el desarrollo de una educación CTS humanística.

Papel del profesorado y del alumnado en la EC humanística

El profesorado es responsable de dar sentido a cualquier planificación curricular mediante la aceptación negociada de sus orientaciones generales y contenidos para su enseñanza en el aula. El hecho de que una mayoría del profesorado se sienta cómodo con el modelo propedéutico tradicional es una muestra de las dificultades para resolver el problema de la innovación en la EC. Sintetizando diversas investigaciones sobre la aceptación del currículo CTS humanístico por parte del profesorado de ciencias, Aikenhead (2003a) establece la existencia de tres grandes grupos estereotípicos:

- Profesorado tradicional: entusiasta de la EC propedéutica; se resiste a las innovaciones y algunos son comprometidos activistas contra ellas.
- Profesorado CTS humanista: partidario de participar en proyectos innovadores para mejorar su enseñanza; representa una pequeña proporción dispuesta a apoyar un currículo CTS humanístico.

- Profesorado intermedio: no comprometido con ninguno de los otros dos grupos; puede ser razonablemente persuadido hacia uno u otro lado.

La adopción de un currículo CTS humanístico supone nuevas exigencias al profesorado, el cual no siempre está dispuesto a aceptarlas. El papel del profesorado en un currículo CTS humanístico implica: (i) ser protagonista en la planificación del currículo y la programación de aula dedicando suficiente tiempo a ello, (ii) organizar la enseñanza alrededor de tópicos relevantes, (iii) ayudar a que los estudiantes sean participativos y creativos y utilicen una amplia variedad de recursos para elaborar respuestas a las preguntas, incluyendo recursos de la propia comunidad y las TIC, (iv) evaluar a los estudiantes con una amplia variedad de instrumentos y (v) proporcionar un "clima" de aula intelectualmente estimulante y afectivamente acogedor (Acevedo, 1996; Penick, 1993).

El papel del alumnado en el aula se centra en su actividad y participación, lo cual implica: (i) mantener altas las expectativas sobre sus logros, (ii) suscitar temas, debates, diálogos y preguntas de interés personal y colectivo, (iii) animarle a buscar respuestas a sus propias preguntas incluso fuera del aula de ciencias, (iv) darle iniciativa y confianza para proponer temas de investigación e indagar nuevas ideas, (v) hacerle ver los impactos de la CyT en la comunidad, así como su utilidad y limitaciones, y (vi) propiciar, cuando sea necesario y adecuado, decisiones y acciones de los estudiantes. En suma, se pretende que los estudiantes consigan: (i) educarse en una ACT para la ciudadanía en un aula abierta al entorno (ii) aprender a aprender para la vida adulta, (iii) aplicar los conocimientos adquiridos a situaciones del mundo real, (iv) trasladar los conceptos y destrezas adquiridas a nuevas situaciones, y (v) conectar las investigaciones de las clases de CyT con otras áreas curriculares y con la propia comunidad social.

Dar sentido al desarrollo del currículo: énfasis curricular

El movimiento CTS ha iluminado la ACT para todas las personas, de modo que ésta ofrece hoy nuevas perspectivas para el desarrollo curricular (Acevedo *et al.*, 2003). Los currículos de ciencias de distintos países reflejan la mayoría de las ideas innovadoras aquí revisadas, tales como CyT para todas las personas, importancia del contexto sociocultural y cotidiano, comprensión de una NdC no restringida a lo meramente epistemológico, atención a las relaciones CTS, que también incluyen la educación medioambiental, presencia de la tecnología en la EC, inclusión de las TIC como contenidos y como herramientas de aprendizaje, etc.

La complejidad de la normativa educativa actual en España, ya señalada en este artículo, dificulta la generalización de las características del currículo normativo vigente en la actualidad. No obstante, a pesar de las diferentes orientaciones dadas al currículo en las distintas Comunidades Autónomas (véanse, p.e., AA.VV., 2002, 2003), se puede decir que diversos elementos de un currículo CTS humanístico están presentes de un modo u otro, aunque más o menos desorganizados, en el currículo normativo de ciencias, tanto en la

educación primaria como en la secundaria, bien sea en objetivos, contenidos, orientaciones metodológicas, criterios de evaluación, etc. Sin embargo, el currículo aplicado en las aulas apenas los suele reflejar, tal vez, porque los elementos CTS humanísticos aparecen aislados, poco conectados, de modo que no pueden integrarse en innovaciones efectivas, por lo que suelen quedar reducidos a pura retórica del currículo planificado, dejando disponible para la EC propedéutica el espacio que no ocupan en la práctica. Aunque el profesorado tuviera una buena disposición hacia algunas de estas innovaciones, la dispersión y desconexión de sus elementos en los currículos planificados son una de las causas importantes, entre otras más (véase, p.e., Oliva y Acevedo, 2005), para que estas innovaciones no acaben cuajando y, de hecho, estén ausentes en las aulas de ciencias.

Las finalidades de la EC son múltiples y variadas, definiendo cada una de ellas una orientación y concreción curricular determinada, algo que *per se* debería servir para poner en cuestión el casi exclusivo dominio de la EC propedéutica. El análisis de las distintas categorías de relevancia de la EC realizado en este artículo muestra cómo la ciencia propedéutica sólo es una más entre otras. Como mínimo, la ciencia propedéutica debería someterse al principio de precaución, por su tendencia a anular las demás finalidades educativas. Si la meta fundamental de la EC en las etapas obligatorias es la ACT de todas las personas, dentro del marco de una educación CTS humanística, entonces la ciencia social, curiosa, doméstica, seductora o cultural deberían tener más presencia en el currículo escolar. Ahora bien, los diseños curriculares verticales, con una larga lista de objetivos comunes y recomendaciones metodológicas para varios cursos, suelen conducir al predominio de la EC tradicional y propedéutica (Fensham, 2004). Con este planteamiento, el profesorado tiende a centrarse más en los contenidos y olvida los fundamentos y orientaciones que expresan otras finalidades relevantes, de modo que la ciencia propedéutica acaba siendo dominante.

El modelo de diseño y planificación curricular español es muy complejo, con un nivel estatal y otro autonómico que a veces no caminan coordinados, produciendo planificaciones extensas y farragosas, con tantos árboles que a menudo no permiten ver el bosque. Contiene numerosas prescripciones y sugerencias, posiblemente incluye referencias a los lemas innovadores aquí reseñados, pero le falta organización y dirección más globales, así como concretar su sentido. Además, el momento actual es aún más complicado, por el panorama político que contempla una ley orgánica paralizada (LOCE) y el proyecto de otra (LOE). Ante las situaciones complejas y los conflictos, el profesorado recurre habitualmente al enfoque tradicional para salir del paso de las dificultades que encuentra. Si se desea superar el punto de vista propedéutico en la educación obligatoria y hacer posible una educación CTS humanista en el aula, entre otras cosas es necesario reorganizar el currículo simplificándolo y clarificándolo, de modo que se concrete más su sentido global o se destaque una finalidad educativa principal de la EC en cada curso o ciclo, que domine a los propios contenidos. Esta finalidad principal la denominaremos *énfasis curricular*, el cual consiste en definir un elemento central que dé

sentido y guíe el desarrollo del currículo de ciencias en la práctica, de modo que contenidos, metodología didáctica y evaluación sean coherentes y se supediten a él para así impregnar toda la acción educativa (Roberts, 1982, 1988).

Una propuesta basada en el énfasis curricular debe resaltar claramente el sentido central correspondiente a cada ciclo o curso, en torno al cual se desarrollará el currículo de ciencias en el aula. El énfasis curricular no requiere necesariamente la inclusión de nuevos contenidos, sino adaptar los ya existentes al sentido principal definido, y, además, permite tener más en cuenta los intereses del alumnado. Así mismo, contribuye a que el profesorado pueda aclarar mejor el sentido específico de su enseñanza. En el apartado siguiente se sugiere como guía una propuesta de organización de la EC basada en el énfasis curricular, desarrollada a partir de las categorías de relevancia expuestas en este artículo y teniendo en cuenta que cada una de ellas resalta una finalidad y un sentido específicos de la EC (Acevedo, 2004).

Un propuesta para la EC basada en el énfasis curricular

Esta propuesta se refiere a los cursos de la educación obligatoria –10 grados en España, desde los 6 a 16 años de edad– bastante similar a la de otros países. Puesto que el tiempo dedicado a la EC durante un curso suele ser bastante escaso, especialmente en primaria, el énfasis curricular se propone para dos cursos, de modo que la propuesta se desarrolla para cinco pares de cursos o ciclos, los tres primeros de primaria y los otros dos de secundaria.

El primer ciclo destacaría la ciencia curiosa, para desarrollar el sentido natural de indagación que tienen los niños y las niñas hacia lo nuevo y desconocido. En este ciclo, deberían presentarse los hechos fascinantes, maravillosos y hermosos de los mundos natural y artificial para atraer la curiosidad y motivación que despiertan en los alumnos. Las actividades escolares deberían favorecer el contacto con estos mundos bajo diversas formas, tanto directas –contacto con la naturaleza, manipulaciones de objetos y materiales, visitas a museos, etc.–, como vicarias –prensa, libros, láminas, dibujos, películas, TIC, etc.–.

El segundo ciclo daría relevancia a la ciencia doméstica presente en el entorno del alumnado, el cual comienza a percibir la incidencia de la CyT en su vida diaria: alimentación, cuidado de la salud, enfermedades, desarrollo fisiológico, medio ambiente, fenómenos astronómicos, percepción de la luz y el sonido, estructuras y construcciones, tecnologías de juguetes, utensilios y herramientas, etc. Las actividades escolares se dirigirían sobre todo a la discusión y el trabajo práctico sobre cada uno de los temas elegidos.

El tercer ciclo resaltaría la ciencia cultural para abordar la relación entre la diversidad cultural del alumnado y la ciencia como forma específica de conocimiento. El principal objetivo sería intentar armonizar las propias creencias culturales con el conocimiento científico por medio de pequeñas investigaciones para hablar y discutir sobre CyT. Las actividades se centrarían

en el análisis de las relaciones CTS, la presencia de la CyT en la sociedad y en la cultura y su relación con las costumbres y normas sociales.

En el primer ciclo de educación secundaria obligatoria, los estudiantes ya tienen algunos conocimientos elementales de historia y cultura social. El énfasis curricular se centraría aquí en la ciencia para la ciudadanía, donde se pongan de manifiesto los logros y procedimientos de la CyT junto a sus limitaciones. Se considerarían ejemplos atractivos de historia de la CyT con influencia en el progreso de la humanidad. Los estudiantes se introducirán en el conocimiento cualitativo de las leyes básicas de la ciencia y abordarán algún caso de controversia científica o técnica. En este ciclo también debería iniciarse el uso por parte de los estudiantes de las TIC como instrumento útil para la información y la investigación.

En el último ciclo de la educación obligatoria la EC se tendrá en cuenta la orientación del alumnado para la elección de estudios posteriores. En los cursos de ciencias comunes para todo el alumnado, el énfasis curricular se pondría en la ciencia seductora a través de la comprensión crítica de la CyT, tal como aparece en los medios de comunicación social, y la capacidad de aprender a aprender mediante la información que suministran estos medios. En las actividades, se plantearían discusiones sobre temas tecnocientíficos con incidencia social relativos a asuntos de actualidad, tales como medio ambiente, biotecnologías, tecnologías industriales y bélicas, radiaciones, energías, etc. En las asignaturas de ciencias optativas, destinadas a iniciar la formación específica de los estudiantes para futuros estudios científicos o profesiones relacionadas con la ciencia, el énfasis curricular anterior se complementaría con elementos de las categorías propedéutica y funcional. En estas últimas materias, las principales referencias serían el estudio más sistemático de determinados conceptos y leyes de la CyT, iniciando la aplicación de los procedimientos de la CyT en pequeñas investigaciones de laboratorio, así como los correspondientes desarrollos matemáticos y aplicaciones numéricas.

Como se ha indicado en la sección anterior, la propuesta organizativa basada en el énfasis curricular no implica añadir nuevos contenidos a los ya incluidos en el currículo, sino precisar el sentido de los mismos respecto al énfasis curricular asignado. Esto obliga al desplazamiento de los contenidos disciplinares hacia otros más integrados por medio del énfasis curricular establecido en cada ciclo, pasando gradualmente por los diferentes centros de interés señalados. Además, este planteamiento debería ayudar al profesorado a clarificar la oferta en cada ciclo y a desarrollar mejor en el aula los aspectos CTS humanísticos del currículo de CyT.

Epílogo

En este artículo se han dado suficientes justificaciones acerca de porqué la EC propedéutica supone un camino a ninguna parte para la gran mayoría de los estudiantes de los niveles obligatorios de la educación –incluso para los futuros científicos–, de modo que ni les interesa la ciencia, ni la aprenden significativamente. Pero el peligro del modelo propedéutico es aún mayor,

porque tiende a auto-perpetuarse por su tendencia a fagocitar las innovaciones en cuanto surge cualquier duda, dificultad o desánimo. Así pues, el principal problema de la EC gira en torno al predominio implícito y explícito de la finalidad propedéutica y pone en evidencia dos retos principales. Por un lado, conseguir interesar a todos los estudiantes en la CyT mediante un currículo nuevo y estimulante. Por otro, evitar la tentación permanente de retornar a la EC propedéutica.

Aunque todas las orientaciones innovadoras de la EC pretenden mejorar la utilidad de los enfoques que proporcionan, su legitimidad no es la misma. La EC propedéutica suele tener legitimidad política, mientras que no la tiene desde un punto de vista didáctico; en cambio, con la educación CTS humanística sucede más bien lo contrario (Aikenhead, 2003a). Ni la excesiva justificación política de la EC propedéutica, ni el ímpetu innovador de la educación CTS humanística son suficientes factores para conseguir una viabilidad definitiva. Será necesario seguir analizando detenidamente las conclusiones de los diversos proyectos internacionales de evaluación que se están llevando a cabo –p.e., TIMSS y PISA– para comprobar los valores que añaden las reformas de la EC. Además, éstas deberían afrontarse con mayor claridad, más crítica y menos dogmatismo, matizando y precisando sus métodos, posibilidades y límites, intentando conseguir mayor legitimidad política y convencer sobre todo al profesorado más tradicional. Sin una mayor atención a la relevancia curricular y la aplicación de un énfasis que dé sentido al currículo de cada ciclo y etapa, las reformas pueden acabar disipando los esfuerzos y llegar a perder sus fundamentos y objetivos propios.

Referencias bibliográficas

- AA.VV. (2002). Ciencias en la ESO y Contrarreforma. *Alambique*, 33, 11-98.
- AA.VV. (2003). Las ciencias en el bachillerato. *Alambique*, 36, 11-111.
- Acevedo, J.A. (1996). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Borrador*, 13, 26-30. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo2.htm>.
- Acevedo, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Acevedo, J.A. (2005a, en prensa). Proyecto ROSE: relevancia de la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Acevedo, J.A. (2005b, en prensa). TIMSS Y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 282-301, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

Acevedo, J.A., Acevedo, P., Manassero, M.A., Oliva, J.M., Paixão, M.F. y Vázquez, A. (2004). Naturaleza de la ciencia, didáctica de las ciencias, práctica docente y toma de decisiones tecnocientíficas. En I.P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.), *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência* (pp. 23-30). Aveiro, Portugal: Universidade de Aveiro. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2004, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo21.htm>.

Acevedo, J.A., Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2002). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm>. Traducción castellana del capítulo 1 del libro de Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

Acevedo, J.A., Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), artículo 1, <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

Acevedo, J.A., Vázquez, A., Martín, M., Oliva, J.M., Acevedo, P., Paixão, M.F. y Manassero, M.A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121-140.

En <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

Aikenhead, G.S. (2003a). Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula. Paper presented at the 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), *Research and the Quality of Science Education*. Noordwijkerhout, The Netherlands (august 19-23).

En http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf.

Aikenhead, G.S. (2003b). STS Education: A Rose by Any Other Name. En R. Cross (Ed.), *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham* (pp. 59-75). New York: Routledge Falmer.

En <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>.

Aikenhead, G.S. (2004). The Humanistic and Cultural Aspects of Science & Technology Education. En R.M. Janiuk y E. Samonek-Miciuk (Eds.), *Science and Technology Education for a Diverse World – dilemmas, needs and partnerships*. International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) XIth Symposium Proceedings (pp. 21-22). Lublin, Poland: Maria Curie-Skłodowska University Press.

Bybee, R.W. (1997a). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Bybee, R.W. (1997b). The Sputnik Era: Why Is This Educational Reform Different from All Other Reforms? Paper prepared for the Symposium "Reflecting on Sputnik: Linking the Past, Present, and Future of Educational Reform". Washington, DC. En <http://www.nas.edu/sputnik/bybee1.htm>.

Cobern, W.W. y Aikenhead, G.S. (1998). Cultural aspects of learning science. En B.J. Fraser y K.G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 39-52). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Cross, R.T. (1999). The public understanding of science: implications for education. *International Journal of science education*, 21, 699-702.

DeBoer, G.E. (1997). What We Have Learned and Where We Are Headed: Lessons from the Sputnik Era. Paper prepared for the Symposium "Reflecting on Sputnik: Linking the Past, Present, and Future of Educational Reform". Washington, DC. En <http://www.nas.edu/sputnik/deboer.htm>.

DeBoer, G.E. (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, 582-601.

Donnelly, J.F. (2004). Humanizing Science Education. *Science Education*, 88, 762-784.

Dow, P. (1997). Sputnik Revisited: Historical Perspectives on Science Reform. Paper prepared for the Symposium "Reflecting on Sputnik: Linking the Past, Present, and Future of Educational Reform". Washington, DC. En <http://www.nas.edu/sputnik/dow1.htm>.

Duschl, R. (1988). Abandoning the scientific legacy of science education. *Science Education*, 72, 51-62.

Duit, R. y Pfundt, H. (1998). *Bibliography "Students' Alternative Frameworks and Science Education" Printed version and database*. Kiel: IPN.

Fensham, P.J. (1985). Science for all: A reflective essay. *Journal of Curriculum Studies*, 17, 415-435.

Fensham, P.J. (2000a). Issues for schooling in science. En R.T. Cross y P.J. Fensham (Eds.), *Science and the citizen for educators and the public* (pp. 73-77). Melbourne, Australia: Arena Publications.

Fensham, P.J. (2000b). Providing suitable content in the "science for all" curriculum. En R. Millar, J. Leach y J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research* (pp. 147-164). Buckingham, UK: Open University Press.

Fensham, P.J. (2002a). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 2, 133-150.

Fensham, P.J. (2002b). Time to Change Drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 2, 9-24.

Fensham, P.J. (2004). Beyond Knowledge: Other Scientific Qualities as Outcomes for School Science Education. En R.M. Janiuk y E. Samonek-Miciuk (Ed.), *Science and Technology Education for a Diverse World – dilemmas, needs and partnerships*. International Organization for Science and Technology

Education (IOSTE) XIth Symposium Proceedings (pp. 23-25). Lublin, Poland: Maria Curie-Skłodowska University Press.

Finegold, P. (2001). Engaging the humanities. *Past Sixteen Science Issues*, 33, 2-3.

Fourez G. (1997). Scientific and Technological Literacy. *Social Studies of Science*, 27, 903-936.

Fourez G. (1999), L'enseignement des sciences: en crise? *La Revue Nouvelle*, 110 (juillet- août), 96-99.

Fourez, G. (2002). Les sciences dans l'enseignement secondaire. *Didaskalia*, 21, 107-122.

Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J. y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la Secundaria Obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 365-376.

Gil, D. y Carrascosa, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7, 231-236.

Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: Horsori.

Gil, D. y Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.

Gil, D. y Vilches, A. (2004). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16, 259-272.

Gil-Pérez, D., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (2005). ¿Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual?. En D. Gil-Pérez, B. Macedo, J. Martínez-Torregrosa, C. Sifredo, P. Valdés y A. Vilches (Eds.), *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años* (pp. 15-28). Santiago, Chile: OREALC/UNESCO.

Harlen, W. (2001). The assessment of scientific literacy in the OECD/PISA project. *Studies in Science Education*, 36, 79-104.

Harlen, W. (2002). Evaluar la alfabetización científica en el programa de la OECD para la evaluación internacional de estudiantes (PISA). *Enseñanza de las Ciencias*, 20, 209-216.

Hernández, J., Solbes, J. y Vilches, A. (2001). Reflexiones sobre el currículum de física y química en el Decreto de Humanidades. *Alambique*, 29, 95-102.

Hodson, D (1998). *Teaching and learning science: Towards a personalized approach*. Philadelphia, PA: Open University Press.

Hodson, D. y Reid, D.J. (1988). Science for all: motives, meanings and implications. *School Science Review*, 69, 653-661.

Jenkins, E.W. y Nelson, N.W. (2005). Important but not for me: students' attitudes towards secondary school science in England. *Research in Science & Technological Education*, 23, 41-58.

Kemp, A.C. (2002). Implications of diverse meanings for "scientific literacy". En P.A. Rubba, J.A. Rye, W.J. Di Biase y B.A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science* (pp. 1202-1229). Pensacola, FL: AETS. En http://www.ed.psu.edu/CI/Journals/2002aets/s3_kemp.rtf.

Kuhn, T.S. (1962). *The Structure of Revolutions*. Chicago, IL: University of Chicago Press. Traducción de A. Contín (1971), *La estructura de las revoluciones científicas*. México DF: FCE.

Laugksch, R.C. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Science Education*, 84, 71-94.

Layton, D. (1994). STS in the school curriculum: A movement overtaken by history? En J. Solomon y G.S. Aikenhead (Eds.), *STS Education: International Perspectives on Reform* (pp. 32-44). New York: Teachers College Press.

Lindahl, B. (2003). Pupils' responses to school science and technology? A longitudinal study of pathways to upper secondary school. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Krinstianstadt, Suecia.

López-Varona, J.A. y Moreno-Martínez, M.L. (1996). Tercer estudio internacional de Matemáticas y Ciencias (TIMSS). *Revista de Educación*, 311, 315-336.

López-Varona, J.A. y Moreno-Martínez, M.L. (1997). *Resultados de Ciencias. Tercer Estudio Internacional de Matemáticas y Ciencias (TIMSS)*. Madrid: INCE/MECD.

Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2004). Evidences for consensus on the nature of science issues. En R.M. Janiuk y E. Samonek-Miciuk (Eds.), *Science and Technology Education for a Diverse World – dilemmas, needs and partnerships*. International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) XIth Symposium Proceeding (pp. 167-168). Lublin, Poland: Marie Curie-Sklodowska University Press.

Marco, B. (1997). La alfabetización científica en la frontera del 2000. *Kikirikí*, 44/45, 35-42.

Marín, N. (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 80-92.

Martín-Díaz, M.J. (2004). El papel de las ciencias de la naturaleza en la educación a debate. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica De los Lectores, <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/692MartinDiaz.PDF>.

Martín-Gordillo, M. (2003). Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), artículo 10, <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

Martín-Gordillo, M. y Osorio, C. (2003). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32, 165-210.

En <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a08.PDF>.

Mayoh, K. y Knutton, S. (1997). Using out-of-school experience in science lessons: Reality or rhetoric? *International Journal of Science Education*, 19, 849-867.

MECD (2001a). Real Decreto 3473/2000, de 29 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1007/91, de 14 de junio, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la educación secundaria obligatoria. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.

MECD (2001b). Real Decreto 3474/2000, de 29 de diciembre, por el que se modifican el Real Decreto 1700/91, de 29 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato, y el Real Decreto 1178/92, de 2 de octubre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas del bachillerato. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.

OECD (1999). *Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment*. París: OECD. Traducción de G. Gil Escudero, J. Fernández García, F. Rubio Miguelsanz y C. López Ramos (2000), *La medida de los conocimientos y las destrezas de los alumnos. Un nuevo marco de evaluación*. Madrid: INCE/MECD.

OECD (2001). *Knowledge and skills for life: First results from PISA 2000. Executive Summary*. París: OECD. Traducción de G. Gil Escudero (2001), *Conocimientos y destrezas para la vida: primeros resultados del proyecto PISA 2000. Resumen de resultados*. Madrid: INCE/MECD.

OECD (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. París: OECD. Traducción de E. Belmonte (2004): *Marcos teóricos de PISA 2003: la medida de los conocimientos y destrezas en matemáticas, lectura, ciencias y resolución de problemas*. Madrid: INECSE/MEC.

OECD (2004). *First results from PISA 2003: Executive Summary*. París: OECD. Traducción de E. Belmonte (2004), *Aprender para el mundo de mañana. Resumen de resultados PISA 2003*. Madrid: INECSE/MEC.

Oliva, J.M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias* 17, 93-107.

Oliva, J.M. y Acevedo, J.A. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 241-250, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.

Oliva, J.M., Matos, J. y Acevedo, J.A. (2004). Las exposiciones científicas escolares y su contribución al desarrollo profesional docente de los profesores participantes. En I.P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.), *Perspectivas*

Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência (pp. 189-193). Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro.

Oliva, J.M., Matos, J., Bueno, E., Bonat, M., Domínguez, J., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2004). Las exposiciones científicas escolares y su contribución en el ámbito afectivo de los alumnos participantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 22, 425-439.

Parker, L.H. (1997). A model for gender-inclusive school science. En C. Marshall (Ed.), *Feminist Critical Policy Analysis* (pp. 185-200). London: Falmer Press.

Penick, J.E. (1993). Instrucción en el aula desde un enfoque CTS: nuevas metas requieren nuevos métodos. En C. Palacios, D. Ansoleaga y A. Ajo (Eds.), *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias. Investigaciones financiadas por el CIDE en el decenio 1983-1993* (pp. 439-458). Madrid: CIDE/MEC.

Pilot, A. (2000). The concept of "basic scientific knowledge" through some of the reforms recently undertaken in science and technology teaching in European States. En M. Poisson (Ed.), *Science education for contemporary society: problems, issues and dilemmas*. Final report of the International Workshop on The reform in the teaching of science and technology at primary and secondary level in Asia: Comparative references to Europe. Part IV: *New approaches in science and technology education* (pp. 104-110). Beijing, China (27-31 March 2000). International Bureau of Education, The Chinese National Commission for UNESCO.

En <http://www.ibe.unesco.org/National/China/chifinal.htm>.

Reid, D.J. y Hodson, D. (1989). *Science for all*. London: Cassell. Traducción de M.J. Martín-Díaz y L.A. García-Lucía (1993), *Ciencia para todos en Secundaria*. Madrid: Narcea.

Roberts, D.A. (1982) Developing the concept of "curriculum emphases" in science education. *Science Education*, 66, 243-60.

Roberts, D.A. (1988) What counts as science education? En P.J. Fensham (Ed.), *Developments and Dilemmas in Science Education* (pp. 27-54). London: Falmer Press.

Rutherford, F.J. (1997). Sputnik and Science Education. Paper prepared for the Symposium "Reflecting on Sputnik: Linking the Past, Present, and Future of Educational Reform". Washington, DC.

En <http://www.nas.edu/sputnik/deboer.htm>.

Schreiner, C. y Sjøberg, S. (2004). ROSE: The relevance of science education. Sowing the seeds of ROSE. *Acta didactica*, 4. University of Oslo, Norway, Faculty of Education, Department of Teacher Education and School Development. En <http://www.ils.uio.no/forskning/rose/>.

Shamos, M. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.

Sjøberg, S. (1997). Scientific literacy and school science. Arguments and second thoughts. En S. Sjøberg y E. Kallerud (Eds.), *Science, technology and citizenship. The public understanding of science and technology in Science Education and research policy* (pp. 9-28). Oslo: NIFU.

En <http://folk.uio.no/sveinsj/Literacy.html>.

Sjøberg, S. (2003). ROSE Project. University of Oslo, Norway.

En <http://www.ils.uio.no/forskning/rose/>.

Sjøberg, S. (2004). Science Education: The voice of the learners. Contribution to the Conference on Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe. Bruselas, Unión Europea (2 de abril de 2004). En <http://europa.eu.int/comm/research/conferences/2004/sciprof/pdf/sjoberg.pdf>

Sjøberg, S. y Schreiner, C. (2003). ROSE: The relevance of science education. Ideas and rationale behind a cross-cultural comparative project. Paper presented at the 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA): *Research and the Quality of Science Education*. Noordwijkerhout, The Netherlands (august 19-23). En <http://www1.phys.uu.nl/esera2003/program.shtml>.

Sjøberg, S. y Schreiner, C. (2005). Young people and science. Attitudes, values and priorities. Evidence from the ROSE project. Keynote presentation at EU's Science and Society Forum 2005. Session 4: How to foster diversity, inclusiveness and equality in science. Bruselas, Unión Europea (9-11 de abril de 2005). En

http://europa.eu.int/comm/research/conferences/2005/forum2005/docs/progr_sjoberg_en.pdf. También disponible en <http://www.ils.uio.no/forskning/rose/documents/presentations/>.

Snow, C.P. (1959). *The two cultures and the scientific revolution*. New York: Cambridge University Press. Traducción castellana (1987), *Las dos culturas*. Madrid: Alianza.

Stinner, A. (1995). Contextual settings, science, stories and large context problems: towards a more humanistic science education. *Science Education*, 79, 555-581.

UNESCO (1990). Final Report: World Conference on Education for All - Meeting Basic Human Needs. París: UNESCO.

UNESCO (1994). Science and Technology 2000+ Education for all. The Project 2000+ Declaration. París: UNESCO.

UNESCO-ICSU (1999a). *Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el uso del saber científico*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso, Budapest, Hungría, 26 junio - 1 julio de 1999. En <http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestdec.htm>.

UNESCO-ICSU (1999b). *Proyecto de programa en pro de la ciencia: Marco general de acción*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso, Budapest, Hungría, 26 junio - 1 julio de 1999. En <http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestmarco.htm>.

UNESCO-PROAP (Principal Regional Office for Asia and the Pacific), ICASE y SEAMEO-RECSAM (2001). *The training of trainers manual. For Promoting Scientific and Technological Literacy (STL) for All*. Bangkok: UNESCO-PROAP. En <http://www.unescobkk.org/education/aceid/STL/STL00book.pdf>.

Vázquez, A., Acevedo, J.A. y Manassero, M.A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica *De los Lectores*, <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>.

Vázquez, A., Acevedo, J.A., Manassero, M.A. y Acevedo, P. (2004). Hacia un consenso sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. En I.P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.), *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência* (pp. 129-132). Aveiro, Portugal: Universidade de Aveiro.

Vázquez, A. y Manassero, M.A. (1998). Una propuesta de modelo integrado de aprendizaje como cambio conceptual, metodológico y actitudinal. En E. Banet y A. de Pro (Coord.), *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*, Vol. I (pp. 148-158). Murcia: Diego Marín.

Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2002). La presencia de los temas CTS en el currículo a partir de los resultados del TIMSS. Comunicación presentada en el II Seminario Ibérico sobre CTS en la enseñanza de las ciencias: *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque CTS en los inicios del siglo XXI*. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2004, en prensa). La ciencia escolar vista por los estudiantes. *Bordón* (pendiente de publicación).

Watts, M. y Bentley, D. (1994). Humanizing and feminizing school science: Reviving anthropomorphic and animistic thinking in constructivist science education. *International Journal of Science Education*, 16, 83-97.

Wang, H.A. y Marsh, D.O. (2002). Science instruction with a humanistic twist: Teachers' perception and practice in using the History of Science in classrooms. *Science & Education*, 11, 169-189.

Ziman, J. (1994). The rationale of STS is in the approach. En J. Solomon y G.S. Aikenhead (Eds.), *STS Education: International Perspectives on Reform* (pp. 21-31). New York: Teachers College Press.