

Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas

José Antonio Acevedo Díaz¹, Ángel Vázquez Alonso² y M^a Antonia Manassero Mas³

¹Inspección de Educación, Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, Delegación Provincial de Huelva, España. E-mail: ja_acevedo@vodafone.es.

²Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de las Islas Baleares, España. E-mail: avazquez@dgform.caib.es. ³Departamento de Psicología, Universidad de las Islas Baleares, España. E-mail: ma.manassero@uib.es

Resumen: Los lemas alfabetización científica y tecnológica y ciencia para todas las personas están marcando las finalidades de la educación científica durante los últimos años. En este artículo se discute el carácter difuso del primero y su complejidad polisémica, lo que no ha permitido que los especialistas lleguen a alcanzar un consenso sobre su significado. Se plantea también el dilema de su posible oposición parcial con el segundo, pues algunas formas de entender la alfabetización científica y tecnológica podrían no ser adecuadas para todos los estudiantes. Así mismo, se sostiene que los principios y orientaciones del movimiento educativo CTS pueden tender puentes entre ambas máximas de la educación científica y son la respuesta más sólida a muchos de los nuevos retos educativos planteados por la finalidad educativa de una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. Por último, tomando como ejemplo el sistema educativo español, se discuten algunos problemas reales para la puesta en práctica de estas ideas, tales como la distancia entre el currículo planificado y el aplicado en el aula, el papel de la didáctica de las ciencias en estos temas y otras barreras que actúan contra las innovaciones como un escollo para su integración coherente.

Palabras clave: alfabetización científica y tecnológica, ciencia y tecnología para todas las personas, educación CTS, finalidades de la enseñanza de las ciencias.

Title: The role of STS education in the scientific and technological literacy for all.

Abstract: The motto scientific and technological literacy (STL) for all is influencing the aims of science education along the last years. This paper discusses the wide, diffuse, complex, and multifaceted character of STL that has not allowed the scholars to achieve consensus about its meaning. As some STL issues and understandings could not fit well for all the students, the partial opposition between some literacy contents and the prescription for all is also analysed. It is claimed that the principles and orientations of the STS educational movement can bridge both opposite poles as they offer the soundest answer to many of the forthcoming educational challenges raised by the science education aimed to the scientific and technological literacy for all. Lastly, for setting into practice these ideas, some current problems are also discussed from the perspective of the Spanish

educational system, such as the gap between the planned curriculum and the applied curriculum within the classroom, the role of science education on these issues, and other reefs that act against the coherent integration of these innovations.

Keywords: scientific and technological literacy, science and technology for all, STS education, aims of science education.

Introducción

Ante las demandas que plantean los nuevos retos educativos para el siglo XXI, la enseñanza de las ciencias viene recurriendo en los últimos años con insistencia a lemas como alfabetización científica y tecnológica, comprensión pública de la ciencia, ciencia para todas las personas, cultura científica y tecnológica, educación CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), etc. (Membiela, 2002). Estas máximas se reflejan explícitamente en numerosos informes de política educativa de organismos con gran prestigio internacional, tales como la UNESCO (1990, 1994), el *International Council for Science* (UNESCO-ICSU, 1999a,b), el *International Bureau of Education* (Poisson, 2000) y la *Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura* (OEI, 2001), así como en las posiciones de poderosas e influyentes asociaciones profesionales que han auspiciado ambiciosos proyectos para la educación científica y tecnológica; por ejemplo, en los EE.UU., la *American Association for the Advancement of Science* (AAAS, 1990, 1993), la *International Technology Education Association* (ITEA, 2000), la *National Science Teachers Association* (1991) y el *National Research Council* (NRC, 1996). Por tanto, no es de extrañar que Fourez (1997) haya comparado esta fuerte promoción de la alfabetización científica y tecnológica, necesaria hoy para poder participar democráticamente como ciudadanos responsables en un mundo cada vez más impregnado de tecnología y en la sociedad de la información, con la alfabetización lecto-escritora que se impulsó a finales del siglo XIX para la integración de las personas en la sociedad industrializada.

Los antecedentes de la alfabetización científica como finalidad educativa tienen una historia dilatada en la educación científica de algunos países, que se remontan al menos hasta mediados del pasado siglo XX (Bybee, 1997; Chun *et al.*, 1999; DeBoer, 1997, 2000; Hurd, 1998; Oliver *et al.*, 2001); sin embargo, su significado no ha sido siempre el mismo como consecuencia del énfasis puesto en sus diversas dimensiones y componentes, que han ido cambiando de una época a otra y, probablemente, podrán variar en el futuro (Kemp, 2002; Tenreiro-Vieira, 2002). Ahora bien, coincidiendo con las reformas educativas proyectadas, desarrolladas e implantadas en muchos países durante la década de los noventa, se ha revitalizado el debate internacional y se reivindica con frecuencia la necesidad de una *alfabetización científica y tecnológica* como parte esencial de la educación básica y general *de todas las personas* (nótese que ahora se añade explícitamente la dimensión tecnológica en la noción de alfabetización científica y se extiende a todas las personas). Asumir esta máxima de verdad implica que la enseñanza de las ciencias no puede ceñirse al conocimiento científico y tecnológico, sino que los objetivos y las

capacidades a desarrollar deberán ser más holísticos y tener auténtica relevancia social para el alumnado, incluyendo los valores éticos y democráticos que se ponen en juego cuando intervienen la ciencia y la tecnología en la sociedad (Holbrook, 2000).

En la actualidad, numerosos especialistas en didáctica de las ciencias de todo el mundo están promoviendo como finalidad central de la enseñanza de las ciencias la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía, en torno a la cual organizan su disciplina. Para justificarlo suelen apelar a motivos socioeconómicos, culturales, de autonomía personal, prácticos de utilidad para la vida cotidiana, cívicos y democráticos para la participación social en las decisiones sobre muchos asuntos de interés público relacionados con la ciencia y la tecnología, etc. (Fourez, 1997; Sjøberg, 1997), a los que Jenkins (1997) añade la razón ética de la responsabilidad que deben tener científicos, técnicos, políticos y ciudadanos en general. Por otra parte, Kemp (2002) ha agrupado en varios dominios, que no agotan todas las posibilidades, los argumentos que dan los expertos en didáctica de las ciencias entrevistados en su investigación para justificar porqué consideran que la alfabetización científica es la finalidad más importante de la enseñanza de las ciencias; estas razones se basan en beneficios *prácticos personales, prácticos sociales, para la propia cultura y para la humanidad*, las cuales se obtienen por la combinación de dos escalas binarias: individual/grupal y práctica/conceptual, dando lugar a los cuatro dominios indicados.

Como los conceptos puestos en juego con estas máximas no tienen un significado unívoco ni sencillo, en este trabajo se hacen algunas precisiones sobre ellos, contribuyendo así al debate en el que participan desde hace tiempo una pléyade de especialistas en educación científica. También se analiza el papel destacado que deben jugar los principios y las orientaciones educativas del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias; proponiendo, como tesis fundamental, que las ideas derivadas de este movimiento son las que mejor pueden guiar una selección de contenidos básicos, relevantes y más útiles para todos los estudiantes, relacionados con la vida cotidiana y que puedan contribuir a su formación como ciudadanos responsables e informados, así como dar algunas pautas metodológicas para llevar a la práctica la alfabetización científica y tecnológica como innovación educativa (Acevedo, 1996a).

Sobre el concepto de alfabetización científica y tecnológica

En las reflexiones que aparecen en la bibliografía especializada contemporánea, la alfabetización científica se suele tratar de diversas maneras:

1. Lema que resume como palabra clave los propósitos de reforma de la enseñanza de las ciencias de un amplio movimiento internacional de expertos en educación científica (Aikenhead, 2002; Bybee, 1997);
2. Metáfora que sirve para expresar de manera general las finalidades y objetivos de la educación científica (Bybee, 1997; Tippins *et al.*, 1998); y

3. Mito cultural (Shamos, 1995) que, aunque expresado originalmente desde una perspectiva crítica, se puede reformular como la utopía que señala el ideal a perseguir.

También se destaca su complejidad, puesta de manifiesto en las marcadas diferencias que aparecen en las definiciones propuestas por distintos especialistas y el escaso acuerdo sobre su significado (Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Gil y Vilches, 2001; Kemp, 2002; Laugksch, 2000; Manassero y Vázquez, 2001), lo que dificulta su definición operativa (Li *et al.*, 1999) y le dota de un carácter poliédrico (Jenkins, 1990, 1994, 1999). En definitiva, son muchos y variados los significados de la alfabetización científica, tal y como se pone de manifiesto con claridad en un trabajo llevado a cabo recientemente por Kemp (2002), donde se examinan los puntos de vista sobre las concepciones de la alfabetización científica de nueve expertos en didáctica de las ciencias, considerándose luego las implicaciones que se derivan para la educación científica desde diversas perspectivas (administrativa, diseño y ejecución de los programas, prácticas educativas, etc.). Aunque todos los especialistas entrevistados en la investigación estaban de acuerdo en que la alfabetización científica es la finalidad más importante de la enseñanza de las ciencias y que es muy diferente a lo que se entiende por una formación propedéutica (comprensividad y equidad *versus* elitismo), éstos incluyen numerosos elementos o rasgos deseables en sus ideas sobre la alfabetización científica, con un rango tan amplio que dota a su significado de una naturaleza relativamente compleja.

Para facilitar el análisis, Kemp (2002) agrupa los rasgos señalados en tres dimensiones:

1. *Conceptual* (comprensión y conocimientos necesarios). Sus elementos más citados son: *conceptos de ciencia y relaciones entre ciencia y sociedad*.

2. *Procedimental* (procedimientos, procesos, habilidades y capacidades). Los rasgos que se mencionan con más frecuencia son: *obtención y uso de la información científica, aplicación de la ciencia en la vida cotidiana, utilización de la ciencia para propósitos sociales y cívicos y divulgación de la ciencia al público de manera comprensible*.

3. *Afectiva* (emociones, actitudes, valores y disposición ante la alfabetización científica). Los elementos más repetidos son: *aprecio a la ciencia e interés por la ciencia*.

Hay que subrayar que cada experto destacó solamente una o dos de las dimensiones y unos pocos elementos de cada una, generalmente con importantes diferencias entre sí; por ejemplo, aunque la mayoría incluye el conocimiento de algunos conceptos científicos como un elemento importante de la alfabetización científica, no hay mucho acuerdo sobre qué conceptos ni en qué extensión deben tratarse. Sin embargo, todos los especialistas reconocen que las tres dimensiones señaladas deben estar siempre presentes en la alfabetización científica, pero que el énfasis que se haga en cualquiera de ellas puede aumentar o disminuir de una época a otra, como de hecho ha ocurrido en el pasado y ocurrirá en el futuro. Combinando estas tres dimensiones con los cuatro dominios de argumentos

justificativos señalados más arriba, Kemp (2002) establece tres tipos de alfabetización científica: *personal, práctica y formal*.

La alfabetización científica personal es la que destaca elementos de la dimensión conceptual y razones de la escala individual. Aunque en menor grado, también se subrayan rasgos de la dimensión afectiva. Desde esta perspectiva, la alfabetización científica radica sobre todo en comprender un amplio rango de conceptos y usar un extenso vocabulario científico en la vida cotidiana y en la cultura propia. Se incluyen también otros elementos como apreciar la historia de la ciencia, comprender la divulgación científica e interesarse por la ciencia en la escuela y estar motivado para seguir aprendiendo ciencia después de la escolarización formal.

Por el contrario, en la alfabetización científica práctica se hace hincapié en rasgos de la dimensión procedimental y justificaciones de la escala práctica. En segundo plano, se destaca otra vez la dimensión afectiva. Desde este punto de vista, la alfabetización científica consiste especialmente en saber usar la ciencia en la vida cotidiana y con propósitos cívicos y sociales. Otros elementos característicos son: saber obtener información sobre ciencia, comprender la divulgación de la ciencia y los mensajes que dan los medios de comunicación de masas, entender las relaciones entre ciencia y sociedad, conocer algunos conceptos básicos de ciencia y apreciar la ciencia siendo consciente también de sus limitaciones.

La alfabetización científica formal es la que incluye rasgos de todas las dimensiones y argumentos de los cuatro dominios; esto es, tanto de la escala individual como de la práctica. En algunos casos se pone un poco más el acento en algunos dominios y dimensiones que en otros, pero, en general, se incide en todos ellos. Desde esta posición, la alfabetización científica implica muchas cosas: conocer conceptos de ciencia, tener una amplia comprensión de los principios científicos, saber sobre la naturaleza de la ciencia y las relaciones entre ciencia y sociedad, obtener información científica, utilizarla y ser capaz de comunicarla a otras personas, ser capaz de usar la ciencia en la vida cotidiana y participar democráticamente en la sociedad civil para tomar decisiones sobre asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología. Además, apreciar la ciencia, interesarse por ella y estar al día de las novedades científicas. Así pues, cuando la alfabetización se concibe de esta forma las metas son tantas que sus promotores parecen olvidar que los recursos y el tiempo disponible para la enseñanza de las ciencias son limitados, por lo cual cabe suponer que los reproches a la alfabetización científica de Shamos (1995) se refieren probablemente a esta manera de entenderla. Sin embargo, pese a sus críticas, el propio Shamos (1995) propone una alfabetización científica que, según Kyle (1995), está orientada por tres grandes principios: *cultural* (referente a tomar conciencia de lo que es la ciencia y considerarla como un elemento básico de la cultura humana), *práctico* (centrado en los conocimientos útiles para la vida cotidiana y en la tecnología) y *social o cívico* (relacionado con el uso adecuado y democrático de la ciencia).

Sin duda, la alfabetización científica y tecnológica es una cualidad que se desarrolla de manera gradual y a lo largo de toda la vida. Frente a las tipologías propuestas por muchos especialistas, Bybee utilizó para explicarla un modelo jerárquico en el proyecto *Biological Science Curriculum Studies*

(BSCS, 1993). Después ha profundizado en este esquema teórico de la alfabetización científica y tecnológica (Bybee, 1997), donde se la considera como un continuo de conocimientos y prácticas sobre el mundo natural y el artificial diseñado por la tecnología, con diferentes grados y niveles respecto a la edad de las personas, los tópicos abordados y los correspondientes contextos. Este continuo transcurre siguiendo la secuencia *analfabetismo, alfabetización nominal, funcional, conceptual y procedimental* y, por último, *multidimensional*, la cual incluye también aspectos como los históricos y sociales, la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, etc. Para la mayoría de las personas este último grado es bastante difícil de alcanzar (Shamos, 1995), pero es la utopía que señala la meta a perseguir. En cualquier caso, es deseable que los cursos escolares de ciencia y tecnología se dirijan a la búsqueda de modelos para facilitar que los estudiantes tiendan a una alfabetización científica y tecnológica multidimensional, donde la adquisición de conceptos se una al desarrollo de capacidades y se relacionen con cuestiones y problemas sociales.

En una revisión reciente, Laugksch (2000) sostiene que el carácter polémico y difuso en la interpretación de la alfabetización científica se debe a la influencia de factores muy diversos, que a veces pueden interactuar, lo cual da lugar a un gran número de supuestos, perspectivas, concepciones y significados que la hace más compleja; estos factores son:

a. Los diferentes grupos de interés en la alfabetización científica y tecnológica: (i) comunidad de expertos en educación científica, (ii) científicos sociales e investigadores de la opinión pública sobre cuestiones de política científica y tecnológica, (iii) sociólogos de la ciencia y especialistas en educación científica que usan enfoques sociológicos para aproximarse al tema y (iv) profesionales implicados en la divulgación de la ciencia y la tecnología mediante la educación informal y no-formal (comunicadores, periodistas, especialistas de museos de ciencia y tecnología, etc.).

b. Las distintas definiciones conceptuales del término.

c. Su naturaleza absoluta o relativa.

d. Las finalidades y variedad de propósitos que se persiguen bajo esta máxima.

e. Las diversas maneras de medirla, que en parte son consecuencia de los factores anteriores.

La contribución a la comprensión pública de la ciencia y la tecnología puede hacerse a través de una vía educativa formal, centrada principalmente en la institución escolar, que es el ámbito natural del primer grupo de interés señalado por Laugksch (2000), y mediante procedimientos menos formales que los de la enseñanza reglada, donde tienen un papel esencial las diferentes formas de divulgación científica que realizan los miembros del último grupo. Queda bien claro que el sistema escolar no es el único responsable de la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía, pues también existen otras instancias que contribuyen a completarla y a su crecimiento continuo durante toda la vida de las personas. No obstante, aunque el logro de esta finalidad tiene grados y aspectos diferentes que no pueden limitarse a la etapa escolar, tampoco

debe olvidarse que las actitudes hacia la ciencia y la tecnología se afianzan desde los primeros años de la escolarización, configurando en gran parte el futuro desarrollo de la alfabetización científica y tecnológica de una persona adulta. Por tal motivo, habría que plantearse también qué hábitos deben generarse en la escuela para propiciar una formación permanente de los ciudadanos.

Alfabetización científica y tecnológica y educación científica y tecnológica para todas las personas

Se ha indicado anteriormente que el término alfabetización científica se remonta al menos hasta mediados del siglo XX. En los EE.UU., Bowyer y Linn (1978, citados por Tippins, Nichols y Kemp, 1999) fechan su aparición en 1957, el año del *sputnik*, pero otros autores han rastreado sus antecedentes aún más atrás. La consigna de ciencia para todas las personas es posterior. Reid y Hodson (1989) datan su origen, en el Reino Unido, en 1976 y recibió sus primeros impulsos durante los primeros años del último cuarto del pasado siglo XX y, sobre todo, en la década de los ochenta. Actualmente, ambos lemas se están asociando cada vez más¹. Sin embargo, de acuerdo con lo que se ha expuesto más arriba, la variedad de formas que hay de entender la alfabetización científica –su carácter poliédrico y su complejidad polisémica– obliga a no dar por supuesto que ambas máximas son siempre indisolubles y, por lo tanto, a precisar con más claridad lo que esto supone. Si bien hoy en día hay un acuerdo bastante generalizado sobre la necesidad de una alfabetización científica y tecnológica de todas las personas, los resultados del estudio de Kemp (2002) muestran que aún no es posible compartir una visión universal de lo que significa esta alfabetización. En tal caso, cabe preguntarse si es adecuada la propuesta de una alfabetización científica y tecnológica común para todos los estudiantes, tal y como se viene haciendo desde la década de los noventa en los EE.UU. con grandes proyectos normalizados como los *Benchmarks* (AAAS, 1993) o los *NSE Standards* (NRC, 1996).

La idea de ciencia para todas las personas significa una enseñanza de las ciencias que no excluya a nadie (Fensham, 1985, 2000b; Hodson y Reid, 1988; Reid y Hodson, 1989); está íntimamente asociada, pues, a los principios educativos de comprensividad y equidad. El lema de ciencia para todas las personas se refiere más bien a cómo hacer más accesible,

¹Por ejemplo, en la ESERA 2003 Conference, que se celebrará entre el 19 y el 23 de agosto de este año en Noordwijkerhout (Holanda), la tercera sección –coordinada por Harrie Eijkelhof– se dedica a la alfabetización científica, incluyéndose en la misma trabajos de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), Ciencia para la comprensión pública y Ciencia para todos, que corresponden a tres lemas que se asocian habitualmente con la alfabetización científica. Sin embargo, un análisis más cuidadoso puede revelar diferencias sustanciales. En efecto, el movimiento CTS suele hacer hincapié sobre todo en la alfabetización para la participación democrática de la ciudadanía en la evaluación y toma de decisiones sobre asuntos de interés social relacionados con la ciencia y la tecnología, mientras que otros movimientos pro alfabetización consideran a las personas legas en ciencia y tecnología como un público o espectador que debe estar atento a ellas, pero no queda del todo claro si se le permitirá también participar en la evaluación y toma de decisiones como en el caso anterior o si eso es algo que se reserva especialmente a los expertos. Por lo tanto, tiene mucha importancia preguntar qué alfabetización científica y tecnológica se pretende y con qué propósitos; esto es, preguntar cuál es la ideología que se está sustentando con ella.

interesante y significativa la ciencia escolar y, sobre todo, darle relevancia² para cada alumno (Rascoe *et al.*, 1999; Tippins *et al.*, 1998). Así pues, en la práctica, la meta asociada con esta máxima parece implicar, más bien, diferentes contenidos de ciencia escolar para estudiantes diversos (Tippins, Nichols y Kemp, 1999).

En cambio, Reid y Hodson (1989) consideran que la máxima de ciencia para todas las personas significa un currículo común y obligatorio para todas las escuelas y todo el alumnado, porque lo contrario sería marginar a la mayoría de los estudiantes con un currículo de bajo *status* y beneficiar a una minoría con otro de alto *status*. En la defensa de sus puntos de vista, señalan los peligros que se derivan de los cursos de ciencias alternativos en función de distintas capacidades del alumnado, de los orientados a comunidades concretas (por ejemplo, urbanas o agrarias) y de la diferenciación del currículo basada en la diversidad cultural; también se apoyan en los beneficios que la minoría de alumnos con intereses más académicos pueden obtener al seguir un currículo de ciencias con referencias en el mundo real y la sociedad en la que vive. Ahora bien, cuando estos autores precisan lo que entienden por un currículo común para todos los estudiantes, señalan que no significa ni idénticos contenidos, ni experiencias de aprendizaje iguales, ni tampoco las mismas expectativas de conocimientos y capacidades finales. ¿Qué le queda entonces de común al currículo que proponen? Básicamente, le queda sus finalidades educativas, las cuales resumen en experiencias significativas de ciencias y actividades científicas para todos los estudiantes, que les permitan conseguir grados de alfabetización científica³ (Reid y Hodson, 1989, p. 28 de la traducción al castellano, 1993). Y, otra vez, surge el problema del significado polisémico y complejo de la alfabetización científica y tecnológica.

Aunque su desarrollo haya transcurrido muchas veces de forma paralela y, cada vez se tiende más a hacerlas converger, Tippins, Nichols y Kemp (1999) sostienen que la alfabetización científica planteada en currículos

²Hablar de relevancia de la ciencia escolar, sin más, puede resultar ambiguo (Aikenhead, 2003). Es necesario precisar *para quién* es relevante (por ejemplo, alumnos, profesores, padres, políticos, científicos, ingenieros, empresarios...) y, sobre todo, *para qué* (por ejemplo, la vida cotidiana, ejercer la ciudadanía, proseguir estudios posteriores, conseguir un empleo, ser científico o ingeniero...). Por ejemplo, la respuesta del movimiento CTS a la segunda cuestión –para qué es relevante la ciencia escolar– asocia relevancia con la toma de decisiones informadas y razonadas sobre problemas relacionados con la ciencia y la tecnología en la sociedad y, por tanto, con la posibilidad de participar activamente como ciudadanos responsables; esto es, una idea propia del movimiento *educación para la ciudadanía*.

Para aclarar su significado, Fensham (2000) distingue cuatro tipos de relevancia: 1) *desear* saber ciencia, 2) *necesitar* saber ciencia, 3) *interesarse* por saber ciencia y 4) *propiciar* saber ciencia; cada uno con una descripción sobre quién decide qué es relevante. El primero es característico de la educación científica de carácter propedéutico, orientada para prepararse para cursos superiores y basada en disciplinas; suele ser la respuesta de muchos científicos académicos y bastantes profesores de ciencias. En cambio, el segundo es la respuesta habitual de las personas que tienen que enfrentarse a decisiones relacionadas con la ciencia en la vida real; por ejemplo, es la que se plantea en el proyecto *Science for Specific Social Purposes* (Layton, Davey y Jenkins, 1986; Layton, Jenkins, Macgill y Davey, 1993).

³Pese a las apariencias, en la práctica, la posición de Reid y Hodson (1989) no es tan diferente de la que sostienen Tippins, Nichols y Kemp (1999). Por otra parte, las finalidades educativas del currículo de ciencias propuestas por Reid y Hodson están en buena sintonía con las propias del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias, que son las que se defienden en este trabajo. Como muestra de ello, basta con reproducir el siguiente párrafo de su libro: "*Si identificáramos un simple fin de nuestro currículo, éste sería que cada niño fuese preparado para ser participante activo en una sociedad democrática [...]*" (Reid y Hodson, 1989, p. 30 de la traducción al castellano, 1993).

paradigmáticos como los *Benchmarks* o los *NSE Standards* y la ciencia para todas las personas son dos conceptos distintos que, incluso, se contradicen en potencia; de otra forma, entre ambas nociones podría existir una fuerte tensión, que está en el núcleo del debate sobre los currículos normalizados para la educación científica. En efecto, en los *Benchmarks* o en los *NSE Standards* la alfabetización científica se basa en la consecución por todos los estudiantes de un mismo conjunto normalizado de conocimientos, nociones, destrezas y actitudes. En tal caso, todo el alumnado recibirá contenidos de ciencia que han sido considerados necesarios para lograr cierto grado de alfabetización científica, pero también es probable que a muchos estudiantes una buena parte de estos contenidos les resulten poco interesantes y menos valiosos aún para la vida diaria (Manassero y Vázquez, 2001).

En suma, hay un problema importante en torno al significado del lema ciencia para todas las personas, pues algunos lo interpretan como los mismos contenidos de ciencia escolar para todos los estudiantes y otros como que, en la educación contemporánea, todas las personas tienen que acceder a la ciencia escolar para conseguir la alfabetización científica y tecnológica en el mayor grado posible, aunque los contenidos de la ciencia escolar deberán ajustarse a los intereses y necesidades personales y de la comunidad, sea ésta local, regional, nacional o mundial. El dilema planteado es crucial para la toma de decisiones sobre el currículo. De hecho puede ocurrir (¡y ocurre a menudo!) que algunos contenidos normalizados (estándares) propuestos para la alfabetización científica y tecnológica no sean básicos, ni asumibles desde la perspectiva de ciencia y tecnología para todas las personas; en otras palabras, un currículo diseñado para la alfabetización científica y tecnológica no es siempre un currículo adecuado de ciencia y tecnología para todas las personas. Precisamente, una orientación CTS de la enseñanza de las ciencias permite tender puentes entre ambas perspectivas (Chun *et al.*, 1999), actuando como eje vertebrador que proporciona soluciones prácticas para resolver este problema y hacer posible que la alfabetización científica y tecnológica pueda proyectarse de verdad para todo el alumnado.

Se quiera o no, la alfabetización científica y tecnológica está siempre íntimamente unida a lo social y cultural. En tal caso, probablemente sea imposible establecer un modelo universal para su consecución práctica. Por lo tanto, aunque las finalidades, propósitos y objetivos generales sean idénticos, no es necesario pretender que los objetivos más específicos también sean los mismos para todo el alumnado. De otra manera, debido a que diferentes sociedades y grupos sociales diversos interactúan de distinto modo con la ciencia y la tecnología, los diseños de proyectos basados en currículos normalizados y estándares solamente deberían tomarse, a lo sumo, como referentes muy generales que habrá que situar en contextos mucho más específicos y relevantes para el alumnado. Así pues, en la práctica educativa, la alfabetización científica y tecnológica podrá concretarse de muchas formas, que permitan a las personas alfabetizadas tomar decisiones con distintos niveles de complejidad, siendo central el papel de la educación CTS para esta contextualización.

Apoyo internacional a una orientación CTS de la enseñanza de las ciencias

Como se ha apuntado más arriba, hay muchas maneras de entender la alfabetización científica y tecnológica en el sistema escolar (Kemp, 2002), siendo uno de los principales motivos de esto las propias concepciones ideológicas, sociológicas y epistemológicas sobre las finalidades y objetivos de la enseñanza de las ciencias (Acevedo, 2001; Gil y Vilches, 2001). Respecto a estas finalidades, Hodson (1992) manifiesta que uno de los principales objetivos de la enseñanza de las ciencias es la comprensión del importante papel de las interacciones CTS (incluyendo aquí las cuestiones económicas, políticas, éticas, históricas, filosóficas y sociológicas de la ciencia y la tecnología), debiendo ser éste uno de los componentes esenciales de la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas (Reid y Hodson, 1989). Bybee (1993, 1997) ha sostenido también una opinión similar, poniendo el acento en los aspectos históricos, filosóficos y sociológicos (naturaleza de la ciencia y la tecnología), culturales y de relevancia para la vida personal y social de las personas. Así mismo, Laugksch (2000) destaca entre las dimensiones de la alfabetización científica las cuestiones que aborda el movimiento CTS y Shamos (1993) señala que:

"[...] una premisa básica del movimiento CTS es que, al hacer más pertinente la ciencia para la vida cotidiana de los estudiantes, éstos pueden motivarse, interesarse más por el tema y trabajar con más ahínco para dominarlo. Otro argumento a su favor es que, al darle relevancia social a la enseñanza de las ciencias, se contribuye a formar buenos ciudadanos; es decir, al concienciar a los estudiantes de los problemas sociales basados en la ciencia, éstos se interesan más por la propia ciencia".

En la misma línea, Sjøberg (1997) subraya que, pese al tiempo pasado desde su nacimiento, el movimiento CTS no ha sido suficientemente explotado aún en la enseñanza de las ciencias y, sin embargo, la inclusión de la perspectiva social de la ciencia y la tecnología es la que quizás puede resultar de mayor provecho para el público en la sociedad del siglo XXI, de acuerdo con lo que anticipara hace ya más de treinta años Gallagher (1971):

"Para los futuros ciudadanos de una sociedad democrática, la comprensión de las relaciones mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad puede ser tan importante como la de los conceptos y procesos de la ciencia" (p. 337).

Otros autores también han insistido en prestar atención a la dimensión social de la ciencia y la tecnología; por ejemplo, se ha puesto el acento en la necesidad de "formar para la responsabilidad social" (Aikenhead, 1985; Ramsey, 1993) y Layton, Davy y Jenkins (1986) se refieren a la noción de *ciencia para propósitos específicos sociales*, resaltando la importancia del contexto, el conocimiento para la acción, los valores y la toma de decisiones (Yager, 1992), lo que también se ha denominado como *ciencia para la acción* (Jenkins, 1994, 1999):

"[...] el conocimiento científico se convierte en un recurso para ayudar a los estudiantes [...] a encontrarle sentido a su papel como actores en un mundo social, al mismo tiempo que en un poderoso conjunto externo de

procedimientos para comprender y configurar el mundo material." (p. 13 de la traducción castellana).

En suma, puede decirse sin ambigüedades que gran parte de las recomendaciones internacionales sobre la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas incluyen muchas de las propuestas propias del movimiento CTS. Entre ellas pueden destacarse:

- a. La inclusión de la dimensión social en la educación científica;
- b. la presencia de la tecnología como elemento que facilita la conexión con el mundo real y una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnociencia contemporáneas;
- c. la relevancia para la vida personal y social de las personas con objeto de resolver problemas y tomar decisiones responsables en la sociedad civil;
- d. los planteamientos democratizadores de la ciencia y la tecnología;
- e. la familiarización con los procedimientos de acceso a la información, su utilización y comunicación;
- f. el papel humanístico y cultural de la ciencia y la tecnología;
- g. su uso para propósitos específicos sociales y la acción cívica;
- h. la consideración de la ética y los valores de la ciencia y la tecnología;
- i. el papel del pensamiento crítico; etc.

A continuación se muestran algunos ejemplos recientes de la importancia que los organismos internacionales conceden a las orientaciones del movimiento CTS para alcanzar una alfabetización científica y tecnológica más auténtica.

Durante la *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI*, celebrada en Bucarest (Hungría) y auspiciada por la UNESCO y el ICSU, se elaboraron la *Declaración de Bucarest sobre la Ciencia y el uso del saber científico* (UNESCO-ICSU, 1999a) y el *Proyecto de programa en pro de la ciencia: Marco general de acción* (UNESCO-ICSU, 1999b).

En el punto 34 del primer documento se afirma que:

"La enseñanza científica, en sentido amplio, sin discriminación y que abarque todos los niveles y modalidades es un requisito previo esencial de la democracia y el desarrollo sostenible. [...] La enseñanza, la transmisión y la divulgación de la ciencia deben construirse sobre esta base. [...] Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad, [...] a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a las aplicaciones de los nuevos conocimientos".

Añadiéndose en el punto 41 que:

"[...] Los programas de estudios científicos deberían incluir la ética de la ciencia, así como una formación relativa a la historia, la filosofía y las repercusiones culturales de la ciencia."

Y en el punto 69 del segundo documento se proclama que:

"La estructura de los centros docentes y la concepción de los planes de estudios deberían ser suficientemente abiertas y flexibles a fin de ajustarse a las nuevas necesidades de la sociedad. Los científicos jóvenes deberían aprender a conocer y comprender las cuestiones sociales, así como a estar en condiciones de moverse fuera de su campo de especialización."

Estos planteamientos sociales y democratizadores de la ciencia y la tecnología exigen una nueva visión más contextualizada de ambas, capaz de armonizar las complejas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, así como dar la importancia cultural que le corresponde a la educación y popularización de la ciencia y la tecnología para el conjunto de la sociedad. Como se recoge en la *Declaración de Santo Domingo. La ciencia para el siglo XXI: una nueva visión y un marco de acción*, elaborada en la reunión de la UNESCO celebrada en marzo de 1999 en Santo Domingo (República Dominicana), esta democratización de la ciencia y la tecnología plantea tres grandes metas (UNESCO-Montevideo, 1999):

"(i) la ampliación del conjunto de seres humanos que se benefician directamente de los avances de la investigación científica y tecnológica, la cual debiera privilegiar los problemas de la población afectada por la pobreza; (ii) la expansión del acceso a la ciencia, entendida como un componente central de la cultura; y (iii) el control social de la ciencia y la tecnología y su orientación a partir de opciones morales y políticas colectivas y explícitas."

La trascendencia mundial de las propuestas educativas CTS ha llevado a la OEI a asumirlas plenamente en su programación cuatrienal 1999-2002 (OEI, 2001), tal y como se reflejan en los documentos programáticos correspondientes a los períodos 1999-2000 y 2001-2002 del *Programa Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación* (CTS+I); el último de ellos aprobado en la 68 Reunión del Consejo Directivo de la OEI celebrada en Valencia (España) el 26 de marzo de 2001. Así, por ejemplo, con el sexto objetivo específico se pretende "propiciar la incorporación de un enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias en el nivel medio" y se establece para su consecución el "desarrollo de acciones formativas, semipresenciales y a distancia, dirigidas a docentes de educación media en el enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias y la tecnología" y "la edición digital y difusión de materiales de uso en el aula para la incorporación del enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias".

El Programa CTS+I de la OEI señala también entre sus objetivos sociales los siguientes:

- Promover la alfabetización científica, mostrando la ciencia como una actividad humana de gran importancia social que parte de la cultura general en las sociedades democráticas modernas;
- estimular o consolidar en los jóvenes la vocación por el estudio de la ciencia y la tecnología, a la vez que la independencia de juicio y un sentido de la responsabilidad crítica;
- favorecer el desarrollo y consolidación de actitudes y prácticas democráticas en cuestiones de importancia social relacionadas con la innovación tecnológica o la intervención ambiental;

- propiciar el compromiso respecto a la integración social de las mujeres y minorías, así como el estímulo para un desarrollo socioeconómico respetuoso con el medio ambiente y equitativo con relación a generaciones futuras; y

- contribuir a salvar el creciente abismo entre la cultura humanista y la cultura científico-tecnológica que fractura nuestras sociedades.

Este programa extiende su campo de aplicación a un público muy diverso: investigadores, profesores universitarios y de enseñanza secundaria con responsabilidades institucionales o docentes en la enseñanza de las ciencias o en su organización curricular, estudiantes de enseñanza secundaria y de diversas especialidades de la enseñanza superior (incluyendo pre y posgrado en humanidades, ciencias sociales, ciencias naturales e ingenierías), administradores de programas y políticas de ciencia y tecnología, periodistas científicos, divulgadores de la ciencia y la tecnología y, en general, a las personas receptoras de la comunicación de la ciencia a través de los medios de información de masas (OEI, 1999). En suma, abarca prácticamente a todos los grupos interesados en la alfabetización científica y tecnológica señalados por Laugksch (2000).

La preocupación por esta forma de entender la alfabetización científica y tecnológica de los estudiantes aparece explícita en el Programa CTS+I cuando se hace hincapié en:

"La promoción de la alfabetización científica [y tecnológica], consolidando en los jóvenes la vocación por el estudio de la ciencia y la tecnología, y el desarrollo de actitudes y prácticas democráticas en cuestiones de importancia social relacionadas con la innovación tecnológica o con la intervención ambiental, son las finalidades centrales de este enfoque CTS." (OEI, 2001, p. 122; el añadido entre corchetes es nuestro).

Y se denuncia el fracaso de la enseñanza habitual de las ciencias y la tecnología para conseguir estos fines:

"[...] una enseñanza de la ciencia y la tecnología que suele presentarse de forma cerrada, desactualizada y escasamente contextualizada, [...]" (OEI, 2001, p. 122)

Otra posición más que incide claramente en la relevancia personal y social para los estudiantes como rasgo esencial de la alfabetización científica y tecnológica, que está de acuerdo con los principios del movimiento CTS, es la del *Proyecto 2000+* (UNESCO, 1994). En éste se sustenta que, entendida en su sentido más amplio, la alfabetización científica y tecnológica significa mucho más que una alfabetización funcional (es decir, poder leer, comprender y escribir sobre ciencia y tecnología), aunque ésta también sea importante; sobre todo incluye la capacidad personal para aplicar conceptos, estrategias y procedimientos científicos y tecnológicos en la vida diaria, en el trabajo y en la cultura de una sociedad. Supone, por tanto, la disposición de actitudes y valores que permitan distinguir entre los usos adecuados e inapropiados de la ciencia o la tecnología. Estas ideas permanecen y se amplían en un documento más reciente de la UNESCO-PROAP (2001), donde una vez más las orientaciones CTS definen explícitamente los principales rasgos de una alfabetización científica y tecnológica destinada a todas las personas.

Como se acaba de mostrar, dentro de un marco general educativo acorde con la finalidad de la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas que pretenda realmente incidir en sus vidas cotidianas, los contenidos propugnados por el movimiento educativo CTS se consideran, cada vez más, una respuesta innovadora y un indicador de calidad de la enseñanza de las ciencias (Acevedo, 1997a; Vázquez, 1999). Las orientaciones CTS favorecen también una enseñanza de las ciencias y la tecnología que realmente tengan en cuenta las experiencias e intereses personales y sociales de los estudiantes. Además, al subrayar especialmente las relaciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad (en todos los sentidos posibles), la perspectiva CTS propicia la contextualización social de los contenidos científicos y tecnológicos, analiza los impactos sociales que provocan la ciencia y la tecnología en la sociedad y promueve la posibilidad de una participación responsable, bien informada y con fundamentos, de los ciudadanos en políticas científicas y tecnológicas para un desarrollo más justo y sostenible (Shamos, 1993), así como la toma de decisiones democráticas sobre estos importantes asuntos de interés público, como pueden ser las decisiones relativas a la preservación del medio ambiente en todos los órdenes (Yager, 1992). En relación con esto último, si se aceptan las ideas del movimiento CTS como base y justificación de la educación científica, quizás no deberían ser necesarias las adiciones de más siglas al acrónimo como hacen algunos autores para referirse al medio ambiente o al desarrollo sostenible, pues ambas están incluidas de manera natural en las interacciones entre el sistema tecnocientífico y la sociedad.

Críticas al movimiento CTS para la enseñanza de las ciencias y respuestas a los críticos

El movimiento CTS para la enseñanza de las ciencias también ha sido reprobado en la bibliografía internacional, algo que no puede ser obviado en este trabajo. Por ejemplo, se le ha censurado ser una innovación educativa definida con poca precisión porque responde a "una desconcertante amalgama de intereses" (Layton, 1994), cuya consecuencia es una multitud de enfoques curriculares (Cheek, 1992) y una gran variedad de aproximaciones a la enseñanza de las ciencias con orientación CTS (Ziman, 1994). De acuerdo con estas críticas, Marco (1997) concluye que "el movimiento CTS carece de una base unificadora" y que, sobre todo, no cubre todos los niveles de alfabetización científica necesarios. Sin embargo, como sostiene Aikenhead (2002) esta heterogeneidad se debe más bien a que los propósitos de la educación CTS son tantos que su desarrollo depende mucho del énfasis que se ponga en unos objetivos u otros, aunque sean semejantes los que nominalmente presidan los diferentes proyectos curriculares CTS.

Estos argumentos se han utilizado para relativizar la importancia del movimiento CTS, pero la diversidad muestra más su vitalidad que su debilidad (Aikenhead, 1994). Las amenazas no provienen de esta pluralidad, sino de la heterodoxia con la que algunos libros de texto utilizan ingenuamente el lema CTS para referirse a anécdotas científicas, artefactos espectaculares, cuestiones menores sobre la actualidad científica que suelen ser poco relevantes para la ciudadanía, etc., frente a lo cual hay que subrayar sin rodeos, en todo momento y en todos los contenidos, la

importancia central de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad como su rasgo más distintivo (Solomon, 1988). Con otras palabras, los contenidos propios de la educación CTS deben mostrar explícitamente las relaciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad; entendiéndose por "mostrar explícitamente" no una instrucción magistral, sino el hacerlo de manera cuidadosamente planificada, con contenidos que se desarrollan en actividades variadas y con una evaluación de los procesos llevados a cabo y los resultados conseguidos.

En otro orden, también se ha criticado el sesgo en la enseñanza de las ciencias de los EE.UU. y Canadá a favor de un enfoque CTS que hace más hincapié en los impactos sociales y ambientales de la ciencia y la tecnología (aproximación conocida como *Issue-Oriented-Science*, abreviada por su acrónimo IOS), el cual ha relegado a un segundo plano a otra orientación CTS que se ocupa más de los aspectos culturales y los procesos sociales de la ciencia y la tecnología. Así lo subraya Yager (1986) cuando muestra como, en los años ochenta, todos los programas CTS importantes para la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria de los EE.UU. se estructuraban en torno a cuestiones y problemas científicos y tecnológicos de interés social. Pocos años después, la realidad en los noventa era que, allí donde se abordaba la educación CTS, se usaba con mucha más frecuencia e intensidad la aproximación IOS en los currículos de enseñanza de las ciencias. Se ha tratado de explicar esta situación como un rasgo característico de los EE.UU. y Canadá, porque el enfoque IOS guarda cierta relación con la tradición universitaria norteamericana de los estudios políticos de la ciencia y la tecnología, más pragmática y activista, a la que Fuller llama con ironía "baja iglesia" (López-Cerezo, 1998), mientras que el segundo se identifica mejor con la tradición universitaria europea de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, que es más teórica y académica (la "alta iglesia" en la terminología de Fuller). Sin embargo, aunque esta razón quizás influya algo, no puede ser el principal motivo puesto que la gran mayoría de los proyectos CTS europeos que se aplican en la enseñanza de las ciencias también siguen las pautas del enfoque IOS (Acevedo y Acevedo, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002a; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001).

Efectivamente, en un estudio pionero realizado por Rosenthal (1989) donde se analizan con detalle las ventajas y los inconvenientes de estas dos maneras de abordar la educación CTS en la enseñanza de las ciencias, se aportan algunas claves que explican mejor este sesgo. Primero, la mayoría de los especialistas en educación científica considera que la aproximación IOS de la educación CTS puede ser más interesante, motivadora y relevante para los estudiantes, porque trata de asuntos en los que aparecen muchas de las principales interacciones de las personas con la ciencia y la tecnología en la vida cotidiana. Segundo, el enfoque IOS resulta más compatible con la organización curricular de los estudios de ciencias en áreas de conocimiento y asignaturas; así mismo, permite mejor la inserción de actividades y unidades CTS en los cursos estructurados siguiendo una secuencia de temas científicos, que es lo más común (Acevedo y Acevedo, 2002; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002a; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001). Tercero, la formación disciplinar del profesorado hace que se encuentre más cómodo con una educación CTS orientada como una extensión de los temas

habituales de ciencias, por lo que la mayoría del profesorado de ciencias considera que el enfoque que pone el acento en los asuntos culturales y los procesos sociales de la ciencia y la tecnología va más allá de la propia educación científica y tecnológica, pudiendo incluso llegar a entrar en conflicto con ella. La utilización de estos aspectos como principios organizadores implica modificaciones radicales del currículo, en las que los contenidos científicos y tecnológicos más usuales podrían quedar relegados a un segundo plano; sin duda, estos cambios tan drásticos serían rechazados por gran parte del profesorado.

Así pues, el profesorado puede percibir que la orientación CTS basada en los asuntos culturales y los procesos sociales de la ciencia y la tecnología resulta demasiado alejada de la enseñanza de las ciencias que se practica habitualmente porque hace referencia a las interrelaciones CTS desde otras perspectivas disciplinares, ocupándose de aspectos filosóficos (epistemológicos, éticos...), sociológicos (internos y externos a las comunidades de científicos y tecnólogos), históricos, políticos (toma de decisiones, cuestiones legales, defensa nacional...), económicos y estéticos. No obstante, la comprensión de estas últimas cuestiones preside muchos de los principales objetivos de la educación CTS, por lo que este enfoque no debería ser minusvalorado en la enseñanza de las ciencias como ha venido ocurriendo hasta ahora. En una línea parecida de argumentación, Marco (2002) apunta que el movimiento CTS para la enseñanza de las ciencias no ha prestado suficiente atención al objetivo de lograr una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia, probablemente como consecuencia de la escasa incidencia que ha tenido este segundo enfoque CTS en la práctica.

En relación con esta polémica, en otro lugar donde se analizaba la materia optativa de bachillerato *Ciencia, Técnica y Sociedad* que se imparte en la Comunidad Autónoma de Andalucía (Acevedo, 1997c), se sostenía que ambas formas de orientar la educación CTS no deberían excluirse entre sí. Para hacerlas compatibles, se sugería establecer unos objetivos basados en algunos asuntos culturales y procesos sociales de la ciencia y la tecnología (por ejemplo, comprender mejor la naturaleza de la ciencia o de la tecnociencia contemporáneas) y utilizar la resolución de cuestiones y problemas científicos y tecnológicos de interés social (el enfoque IOS), además de como una capacidad a conseguir, como un medio o recurso para alcanzar los objetivos previstos. Así mismo, también se planteaba la duda de si los estudiantes podrían llegar a adquirir estos últimos si no se enseñaban explícitamente. Respecto a esto, recientemente Matkins *et al.* (2002) han mostrado resultados muy prometedores obtenidos con profesores de educación primaria en formación inicial, los cuales mejoran notablemente su comprensión sobre la naturaleza de la ciencia cuando ésta se enseña explícitamente y con actividades contextualizadas mediante "*science & technology-based issues*" (esto es, un enfoque CTS del tipo IOS), tal y como recomiendan, entre otros, Spector, Strong y Laporta (1998).

Otra crítica de gran calado es la que ha señalado Aikenhead (2002) en uno de sus últimos trabajos, donde se revisa el desarrollo histórico del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias y se reconoce que la mayoría de los proyectos CTS para la enseñanza de las ciencias, desarrollados en la década de los ochenta y parte de los noventa, han marginado el papel de la tecnología en la educación CTS, lo que dio lugar a

que algunos expertos en educación científica de prestigio internacional (Fensham, Gardner, Layton, Lewis..., entre otros) mirasen con cierto recelo al movimiento CTS. El propio Aikenhead asume esta crítica, pero el resultado negativo ha sido que bastantes defensores de la presencia de la educación tecnológica en el currículo escolar han dado la espalda al movimiento CTS en los últimos años e incluso se muestran contrarios al mismo (Cajas, 2001). Ahora bien, no es necesario rechazar las posiciones del movimiento CTS para denunciar y tratar de corregir el reiterado abandono que la dimensión tecnológica ha sufrido en la enseñanza de las ciencias, tal y como hemos mostrado en varias ocasiones (Acevedo, 1995, 1996b, 1997b,d, 1998a,b) y se está empezando a reconocer en la didáctica de las ciencias iberoamericana (Maiztegui *et al.*, 2002). En el mismo sentido, Valdés *et al.* (2002) señalan recientemente que:

"Algunos autores (Gardner, 1994; Acevedo, 1998a) han apuntado que incluso muchas propuestas de orientación CTS contribuyen poco a profundizar en las relaciones entre los dos primeros miembros de ese trinomio: la ciencia y la tecnología. Con frecuencia tales propuestas consideran los conocimientos científicos y los productos tecnológicos ya dados y se propone a los estudiantes examinar sencillamente su impacto en la sociedad, con lo cual el proceso que conduce al desarrollo de las ideas científicas y a las innovaciones tecnológicas queda relegado (Gardner, 1994)." (p. 107)

Identificadas estas críticas, cabe decir que en los currículos y libros de texto se continúan ignorando la mayoría de las cuestiones básicas necesarias para un planteamiento CTS capaz de facilitar una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas, lo cual impide cualquier desarrollo que parta de la sociedad o la vida cotidiana para llegar a la ciencia o la tecnología. Por el contrario, como se viene denunciando últimamente (Aikenhead, 2002; Bybee 1997), el gran peligro de muchos proyectos ambiciosos basados en estándares nacionales (*NSE Standards, Benchmarks*, etc.), inicialmente formulados desde una perspectiva de alfabetización deudora de muchas ideas del movimiento CTS, es que sus principios y contenidos más innovadores se desvirtúen durante el camino recorrido hasta su puesta en práctica. En esa senda tortuosa, los conceptos científicos más añejos van recobrando poco a poco su hegemonía, imponiendo la dirección a seguir para, finalmente, retornar al mismo lugar de siempre: el predominio de conceptos y objetivos en esencia cognitivos sobre cualesquiera otros de carácter estratégico, social y afectivo. Así, entre otras prácticas habituales de enseñanza de las ciencias que son poco cuestionadas, Osborne (2000) ha advertido del peligro de este *mito de la homogeneidad del currículo*:

"Cada vez más, la enseñanza de las ciencias se planifica desde la idea falaz de que los estudiantes necesitan un currículo homogéneo y se establecen estándares nacionales. Pese a su retórica, estos currículos se sustentan en raíces ideológicas que, en su ejecución, privilegian la teoría sobre la práctica y los contenidos de hechos y conceptos sobre los procesos; esto es, no responden realmente a la finalidad de promover una verdadera comprensión pública de la ciencia. Además, suelen ignorar que, para restablecer o mantener la confianza popular en la ciencia, es preciso que los mecanismos reguladores que garantizan las competencias científicas sean accesibles y

comprendidos por el mayor número posible de personas." (Selección traducida y adaptada del original).

En parte quizás como consecuencia de algunas de las críticas apuntadas, en parte por el regreso con un rostro aparentemente más amable de las ideologías que sustentan el mito de la homogeneidad del currículo denunciado por Osborne (2002) y apoyándose en una interpretación parcial e interesada de los mediocres resultados mostrados por algunas evaluaciones internacionales como el Tercer Estudio Internacional de Matemáticas y Ciencias (TIMSS), el movimiento CTS ha perdido en buena medida su presencia significativa en la enseñanza secundaria de los EE.UU., pese a que todavía existe una representación minoritaria de calidad (Aikenhead, 2002). En esa nación, el avance del movimiento CTS ha sido frenado por la dirección que ha tomado, desde finales del pasado siglo XX, la reforma de la enseñanza de las ciencias orientada hacia una alfabetización científica y tecnológica basados en los conocimientos normalizados que impulsan los *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS, 1993) del Proyecto 2061 y los *National Science Education Standards* (NRC, 1996). Aunque el Proyecto 2061 rindió inicialmente un pequeño homenaje a las ideas del movimiento CTS en su primer documento, denominado *Science for all Americans* (AAAS, 1990), tanto en su desarrollo posterior como en su implantación paulatina se ha ido alejando de muchos de los objetivos que persigue la educación CTS, centrándose más en los conocimientos normalizados de la alfabetización científica y tecnológica marcada por los *Benchmarks*, tal y como ha señalado Cajas (2001), que es un investigador asociado al proyecto. Esta situación aparece también reflejada con mucha claridad en las manifestaciones de algunos expertos en didáctica de las ciencias experimentales entrevistados por Kemp (2002), para los que no resulta demasiado importante la comprensión de las relaciones CTS en la alfabetización científica de todas las personas.

Como ejemplo de las trabas que en la práctica de la enseñanza de las ciencias se ponen a la consecución de muchos planteamientos CTS, puede señalarse también la denuncia que hace Bybee (1997) de la omisión de todo lo relacionado con la historia de la ciencia y el tratamiento de la tecnología en el ámbito de la ciencia, en muchos lugares de los EE.UU. donde se han implantado los *NSE Standards* (NRC, 1996); una decisión que desvirtúa netamente algunos de los propósitos iniciales del proyecto y le hace perder gran parte de su valor. Sin lo primero se pierde un recurso importante para comprender las relaciones CTS, en general, y las relaciones entre ciencia y tecnología, en particular (Valdés *et al.*, 2002). Al ser la tecnología parte sustancial del entorno de los estudiantes, aún es más grave la ausencia de lo segundo (DeBoer, 2000; Shamos, 1995) porque se dificulta la posibilidad de relacionar la ciencia escolar con sus experiencias cotidianas, algo que el profesorado de ciencias olvida con demasiada frecuencia (Acevedo *et al.*, 2002b); así tampoco se favorece un aprendizaje significativo porque se elimina una referencia importante para su logro y la posibilidad de transferir los aprendizajes escolares a la vida diaria (Hill, 1998; Cajas, 1999; Maiztegui *et al.*, 2002; Vázquez *et al.*, 2001). Además, desde un punto de vista epistemológico, la exclusión de la tecnología conduce también a una comprensión incompleta de la naturaleza de la ciencia y la tecnociencia

contemporáneas (Acevedo, 2000; Acevedo y Acevedo 2002; Vázquez *et al.*, 2001).

La situación en España

La situación española en relación con estos temas es bastante precaria. Las evaluaciones hechas al alumnado y profesorado, empleando un amplio cuestionario y una nueva metodología (Acevedo *et al.*, 2001; Manassero y Vázquez, 2002; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001), muestran carencias en muchas dimensiones CTS importantes (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002b; Acevedo *et al.*, 2002a,b), tales como la influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología, la comprensión de la naturaleza de la ciencia y el significado de la tecnología y su papel en relación con la ciencia, una cuestión que, como se ha indicado más arriba, suele olvidarse habitualmente incluso en la bibliografía internacional (Acevedo y Vázquez, 2003; Maiztegui *et al.*, 2002; Valdés *et al.*, 2002). No obstante, estos resultados no pueden sorprender, incluso cabe considerarlos mejores de lo que podría esperarse si se tienen en cuenta los escasos y tímidos pasos que se habían dado en esta dirección por la reforma educativa española de los noventa emanada de la LOGSE, cultivando una retórica en las declaraciones de principios, intenciones y objetivos generales que está en sintonía con una enseñanza más contextualizada, pero que resulta huera en la práctica; esto es, con ausencia o desarrollo inadecuado de contenidos específicos y criterios para su evaluación.

Además, como afirma Membiela (2001), no hay que confundir las declaraciones normativas con la obstinada realidad del aula, ni tan siquiera las elaboradas por las instituciones escolares en sus propios documentos de planificación (por ejemplo, en el Proyecto de Centro), poniéndose en evidencia que las grandes metas formuladas en los proyectos curriculares de los centros no predicen bien, necesariamente, las posteriores actuaciones del profesorado en el aula. Aunque la mayoría sea consciente de las finalidades y objetivos deseables, no sabe luego cómo llevarlos a la práctica o, si lo sabe, se ve a menudo envuelta en un ambiente rutinario y poco innovador que le hace continuar enseñando las mismas cosas de siempre, aunque sea de manera diferente (Acevedo, 1996a). De otra forma, junto a las barreras reales que siempre actúan contra cualquier innovación educativa (Anderson *et al.*, 1992; Pilot, 2000), se pone de manifiesto la enorme brecha que hay entre el currículo planificado (formalizado por escrito por las autoridades educativas o los propios centros escolares) y el que se desarrolla en el aula; además, aún quedaría la distancia entre éste y el que realmente consiguen los estudiantes.

Un ejemplo reciente de lo que se está denunciando puede desprenderse de los resultados de la encuesta a una muestra del profesorado de secundaria del País Vasco realizada por Martínez-Ascunce (2002), donde se ponen claramente de manifiesto muchas de las dificultades señaladas por éstos, a pesar de su posible interés inicial, para implantar realmente la educación CTS en sus aulas. El resultado lamentable de todo esto es la escasa incidencia y deficiente práctica real de estas cuestiones en nuestro sistema educativo, con la excepción de esa minoría del profesorado innovadora que, sin embargo, carece de orientaciones suficientemente

explícitas y claras para concretar el currículo en sus centros. Por muchos y variados motivos, la mayor parte del profesorado continúa ignorando los enfoques y temas centrados en la importancia de los aspectos personales y sociales de la ciencia y la tecnología, que son un referente de gran interés para el alumnado. Al respecto, cabe señalar la crítica que hace Osborne (2000) del *mito de la ciencia descontextualizada* como una práctica común e inadecuada de la enseñanza de las ciencias:

"El profesorado de ciencias insiste en presentar una visión idealizada de la ciencia como saber objetivo, descontextualizado y exento de valores cuando, en realidad, la ciencia está arraigada en la sociedad, tiene un lenguaje y utiliza metáforas cuyo origen está en las raíces culturales y en las vidas de los científicos responsables de producir nuevos conocimientos. La separación entre ciencia y tecnología ha contribuido también a reforzar esta tendencia; esto es, a eliminar cualquier consideración de los impactos de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Sin embargo, hay bastantes pruebas de la mejor actitud hacia la ciencia que generan ciertos proyectos educativos que siguen las orientaciones del movimiento CTS." (Selección traducida y adaptada del original)

De acuerdo con el panorama mostrado, es evidente que en las enseñanzas obligatorias, donde la población general debe adquirir capacidades básicas como una mejor comprensión de la ciencia y la tecnología, no se dan oportunidades suficientemente explícitas para promover en el alumnado una alfabetización científica y tecnológica que sea más útil para su vida personal y social (Manassero y Vázquez, 2001). Además, si se tiene en cuenta que a esas edades los estudiantes suelen decidir sus elecciones para el futuro y que las estadísticas muestran que son cada vez menos los que optan por estudios de ciencia y tecnología, se justifica por sí sola la necesidad de potenciar mucho más una alfabetización científica y tecnológica como la sostenida en este artículo para intentar resolver la crisis de la enseñanza de las ciencias que alcanza a la mayoría de los países industrializados en la enseñanza secundaria (Fourez, 1999, 2002).

Por si fueran poco estas enormes lagunas, el futuro se presenta mucho más oscuro (Hernández, Solbes y Vilches, 2001). En vez de avanzar en el sentido deseable, recientemente se ha producido un grave retroceso con la publicación de los nuevos Reales Decretos del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España (MECD, 2001a,b) que establecen las enseñanzas mínimas para la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en todo el Estado, así como la de los Decretos de la mayoría de las Comunidades Autónomas españolas que los completan; unas disposiciones que ignoran o, en el mejor de los casos, continúan sin concretar en contenidos y criterios de evaluación muchas de las principales conclusiones de la mayoría de los expertos internacionales en educación científica, estableciéndose normas que suelen ser contrarias a sus recomendaciones.

Lo más irónico de esta situación es que mientras muchos de los especialistas en didáctica de las ciencias de todo el mundo apuestan de manera decisiva por un giro humanístico en la enseñanza de las ciencias, de acuerdo con lo que sostiene la educación CTS, desde otras instancias se

toman decisiones que van en contra de estas posiciones y a favor de las humanidades más clásicas, consiguiendo más tiempo de dedicación a éstas. Su efecto global es incrementar la educación humanística más rancia en todos los currículos previos a la enseñanza universitaria, considerando a la vez la ciencia y la tecnología como si éstas fueran empresas ajenas a la humanidad y estuvieran al margen de la sociedad. Estas decisiones serán letales para cualquier propuesta de humanizar la ciencia y la tecnología o para intentar llevar a cabo innovaciones de carácter interdisciplinar entre ellas; probablemente estas últimas sugerencias no podrán asumirse porque son innovaciones (lo que ya implica el rechazo de los más inmovilistas) que aparecen en un momento poco adecuado, cuando la mayoría del profesorado de ciencias y tecnología comprueba que otras materias se fortalecen con más horas en detrimento de las suyas. Así pues, todos estos indicadores parecen apuntar al aumento de la separación entre las dos culturas que antaño denunciara Snow (1959, 1964).

La didáctica de las ciencias española tampoco puede librarse de cierta crítica porque, en general, llega con retraso al debate internacional que se ha originado alrededor de la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. Con pocas excepciones, que más bien son recientes, los especialistas españoles en didáctica de las ciencias han estado bastante ajenos a esta polémica, mayoritariamente ocupados en prestar una atención casi exclusiva a los métodos de enseñanza y a los fundamentos psicopedagógicos de los aprendizajes escolares. Sin pretender restar importancia a estos ámbitos de la investigación, cuya necesidad parece poco cuestionable, el resultado colateral ha sido el abandono de otras muchas cuestiones curriculares básicas, las cuales siguen estando pendientes de ser abordadas de una manera más sistemática. Uno de estos importantes asuntos olvidados es, sin duda, la definición y concreción de objetivos, contenidos y criterios de evaluación del currículo de ciencias que sean más acordes con las orientaciones del movimiento CTS y una enseñanza de las ciencias más contextualizada; sobre todo en las etapas de la educación obligatoria, que para una gran parte de la población será su única relación con la enseñanza reglada de las ciencias y la tecnología, así como su gran ocasión para cimentar una alfabetización científica y tecnológica que puedan ampliar después durante su vida adulta. En definitiva, urge corregir el sesgo que se ha producido a favor del *cómo* enseñar y *cómo* se aprende frente al *qué* enseñar y, aún más, el *para qué* enseñar ciencia. Con otras palabras, es preciso reflexionar más sobre las finalidades de la educación científica, lo que supone abordar un dilema educativo que ni mucho menos es trivial, el cual debe hacerse explícito con suficiente claridad porque las posiciones que se puedan tomar ante el mismo no son inocentes y están fuertemente cargadas de intenciones, intereses e ideología.

Con este panorama, la travesía parece aún larga y, además, hoy en día soplan malos vientos para seguir el rumbo con firmeza; pero, como en el viaje a Ítaca, es necesario embarcarse y realizarlo con la destreza propia de curtidos y avezados marineros. Pese al retraso que es habitual en la didáctica de las ciencias española, dado el enorme interés y la complejidad del tema, aún se está a tiempo de contribuir internacionalmente a aclarar el significado de una alfabetización científica y tecnológica que pueda ser

auténticamente válida para todas las personas y que constituya la principal finalidad de la enseñanza de las ciencias, así como a precisar el papel central que debe jugar la educación CTS para llevar a buen puerto esta alfabetización en la práctica real. Para ello, es necesario un inminente cambio de signo con propuestas más sólidas; iniciativas que en España y Portugal deben surgir, con vocación de extenderse a otros ámbitos, desde foros como los Seminarios Ibéricos sobre CTS en la enseñanza de las ciencias experimentales de Aveiro (Martins, 2000) y Valladolid (celebrado en el 2002 bajo el lema de *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias y el enfoque CTS en los inicios del Siglo XXI*), el Simposio CTS del VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de la Ciencias de Barcelona (Caamaño y Vilches, 2001), etc., así como con una mayor dedicación al tema en publicaciones monográficas y en revistas especializadas en la enseñanza y didáctica de las ciencias.

Epílogo

La alfabetización científica y tecnológica para todas las personas aporta a la educación científica valores añadidos como la utopía y la dilatación temporal. El primero tiene que ver con su carácter idealista de meta general, pero con gran relevancia para guiar la enseñanza de las ciencias. Desde esta perspectiva, conseguir la alfabetización científica y tecnológica de toda la población debe ser una finalidad esencial y de referencia permanente para la educación científica (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002; Solbes, Vilches y Gil, 2002b), porque no en vano utopías e ideales siempre han sido poderosos motores de identidad colectiva para el progreso de la mayoría de las culturas. El valor de su extensión en el tiempo es en parte una consecuencia de lo anterior, pues no parece razonable que lo ideal sea susceptible de detallarse de una forma tan concreta que agote su potencial de desarrollo en un breve período de tiempo; además, esta dilatación permitirá ensayar diversas vías y métodos para aproximarse a la meta establecida y evaluar su capacidad para lograrlo. La manera más sólida de afrontar estos retos educativos proviene del movimiento CTS, porque en estos momentos es el que proporciona el mejor marco de referencia para afrontar y dar respuesta a los dilemas y contradicciones que puedan plantear las máximas de *alfabetización científica y tecnológica y ciencia y tecnología para todas las personas*.

Para concluir, conviene no olvidar el papel central del profesorado en toda innovación. Como se afirma en el *Proyecto 2000+* (UNESCO, 1994): "La eficacia de los profesores de ciencias se nota cuando muestran entusiasmo para promover actitudes positivas hacia la ciencia y tecnología en la sociedad". Para hacer viables estas propuestas se requiere, por un lado, que el profesorado de todos los niveles del sistema educativo pueda reflexionar responsablemente sobre cuáles deben ser las principales finalidades de la enseñanza de las ciencias para el siglo XXI (Solbes, Vilches y Gil, 2002a; Tenreiro-Vieira, 2002) y, por otro, es necesario que reciban una formación de calidad en las orientaciones que promueve el movimiento CTS, entendidas éstas como una innovación educativa que está en consonancia con las más relevantes y actuales recomendaciones internacionales para propiciar en la enseñanza de las ciencias la

alfabetización científica y tecnológica más completa y útil posible para todas las personas.

Referencias bibliográficas

AAAS (1990). *Science for all americans. A project 2061 report on literacy goals in Science, Mathematics, and Technology*. New York: Oxford University Press.

AAAS (1993). *Benchmarks for Science Literacy: A project 2061 report*. New York: Oxford University Press.

Acevedo, J.A. (1995). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. *Alambique*, 3, 75-84. [Versión electrónica] en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo5.htm>

Acevedo, J.A. (1996a). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Borrador*, 13, 26-30. [Versión electrónica] en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo2.htm>

Acevedo, J.A. (1996b). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 1, 35-44.

Acevedo, J.A. (1997a). Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 10, 269-275.

Acevedo, J.A. (1997b). Cómo puede contribuir la Historia de la Técnica y la Tecnología a la educación CTS. En R. Jiménez y A. Wamba (Eds.): *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 287-292. Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva. [Versión electrónica] con el título ¿Qué puede aportar la Historia de la Tecnología a la educación CTS? en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo3.htm>

Acevedo, J.A. (1997c). La educación CTS en el Bachillerato LOGSE: la materia optativa "Ciencia, Técnica y Sociedad" en Andalucía. En R. Jiménez y A. Wamba (Eds.): *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 333-339. Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva. [Versión electrónica] con el título La asignatura "Ciencia, Técnica y Sociedad" en la Comunidad Autónoma de Andalucía en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo7.htm>

Acevedo, J.A. (1997d). ¿Publicar o patentar? Hacia una ciencia cada vez más ligada a la tecnología. *Revista Española de Física*, 11, 2, 8-11. [Versión electrónica] en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo4.htm>

Acevedo, J.A. (1998a). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Enseñanza de las ciencias*, 16, 3, 409-420. [Versión electrónica] 2003, <http://www.bib.uab.es/pub/ensenanzadelasciencias/02124521v16n3p409.pdf>

Acevedo, J.A. (1998b). Tres criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. En E. Banet y A. de Pro (Eds.): *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*. Vol I, pp. 7-16. Murcia: DM. [Versión electrónica] en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2002, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo12.htm>

Acevedo, J.A. (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de Educación Secundaria en formación inicial. *Bordón*, 52, 1, 5-16. [Versión electrónica] en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo18.htm>

Acevedo, J.A. (2001). Una breve revisión de las creencias CTS de los estudiantes. [Versión electrónica] en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2001, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo.htm>

Acevedo, J.A. y P. Acevedo (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica *De los Lectores*. <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/244Acevedo.PDF>

Acevedo, P. y J.A. Acevedo (2002). Proyectos y materiales curriculares para la educación CTS: enfoques, estructuras, contenidos y ejemplos. *Bordón*, 54, 1, 5-18. [Versión electrónica] en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo19.htm>

Acevedo, J.A., Acevedo, P., Manassero, M.A. y Vázquez, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica *De los Lectores*. <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/Acevedo.PDF>

Acevedo, J.A.; Manassero, M.A. y A. Vázquez (2002). Orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía: un desafío educativo para el siglo XXI. Comunicación presentada en el *II Seminario Ibérico sobre Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza de las ciencias experimentales: "Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias y el enfoque CTS en los inicios del siglo XXI"*. Valladolid: Universidad de Valladolid (1-3 de julio).

Acevedo, J.A. y A. Vázquez (2003). Editorial del monográfico "Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. <http://www.saum.uvigo.es/reec> (programado para el tercer número del segundo volumen).

Acevedo, J.A.; Vázquez, A. y M.A. Manassero (2002a). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. [Versión electrónica] en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm>. Traducción castellana anotada 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 M.A. Manassero (2002b). Evaluación de actitudes y creencias CTS: diferencias entre alumnos y profesores. *Revista*

de Educación, 328, 355-382. [Versión electrónica] en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo14.htm>

Acevedo, J.A.; Vázquez, A.; Manassero, M.A. y P. Acevedo (2002a). Actitudes y creencias CTS de los alumnos: su evaluación con el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 2. En <http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero2/varios1.htm>

Acevedo, J.A.; Vázquez, A.; Manassero, M.A. y P. Acevedo (2002b). Persistencia de las actitudes y creencias CTS en la profesión docente. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1, 1, 1-27. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>

Aikenhead, G.S. (1985). Science curricula and social responsibility. En R.W. Bybee (Ed.): *Science-Technology-Society*, pp. 128-143. Washington DC: NSTA.

Aikenhead, G.S. (1994). What is STS science teaching? En J. Solomon y G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*, pp. 47-59. New York: Teachers College Press. En <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/sts05.htm>

Aikenhead, G.S. (2002). 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*. New York: Routledge Press. En <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>

Aikenhead, G.S. (2003). Chemistry and Physics Instruction: Integration, Ideologies, and Choices. *Chemical Education: Research & Practice*, 4, 2, 115-130. En <http://www.uoi.gr/cerp>

Anderson, R.D.; Anderson, B.I.; Varanka-Martin, M.A.; Romagnano, L.; Bieleberg, J.; Flory, M.; Miera, B. y J. Whitworth (1992). *Issues of Curriculum Reform in Science, Mathematics and Higher Order Thinking Across Disciplines*. The Curriculum Reform Project, University of Colorado, USA.

BSCS (1993) *Developing Biological Literacy. A Guide to Developing Secondary and Post-secondary Biology Curricula*. Colorado Springs, CO: BSCS.

Bybee, R.W. (1993). *Reforming science education: Social perspectives and personal reflections*. New York: Teachers College Press.

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

Caamaño, A. y A. Vilches (2001). La alfabetización científica y la educación CTS: un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo. *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra, tomo 2 (VI Congreso), 21-22.

Cajas, F. (1999). Public Understanding of Science: Using technology to Enhance School Science in Everyday Life. *International Journal of Science Education*, 21, 7, 765-773.

Cajas, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica. La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 2, 243-254.

Cheek, D.W. (Ed.) (1992). *Thinking constructively about science, technology, and society education*. Albany, NY: State University of New York Press.

Chun, S.; Oliver, J.S.; Jackson, D.F. y A. Kemp (1999). *Scientific Literacy: An Educational Goal of the Past Two Centuries*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA.

DeBoer, G.E. (1997). Historical perspectives on scientific literacy. En W. Gräber y C. Bolte (Eds.), *Scientific Literacy: An International Symposium*, (pp. 69-86). Kiel: IPN, University of Kiel.

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, 6, 582-601.

Fensham, P.J. (1985). Science for all: A reflective essay. *Journal of Curriculum Studies*, 17, 4, 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: Melbourne University, Melbourne Studies in Education (Special Issue).

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.

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.

Gallagher, J.J. (1971). A broader base for science education. *Science Education*, 55, 329-338.

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

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

Hill, A.M. (1998). Problem Solving in Real-Life contexts: An Alternative for Design in Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 8, 203-220.

Hodson (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, 541-562.

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

Holbrook, J. (2000). School Science Education for the 21st Century - Promoting Scientific and Technological Literacy (STL). Wirescript Magazine - Education.

Hurd, P. De Hart (1998). Scientific literacy: new minds for a changing world. *Science Education*, 34, 407-416.

ITEA. (2000). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, VA: International Technology Education Association. En <http://www.iteawww.org/TAA/PDFs/xstnd.pdf>

Jenkins, E.W. (1990). Scientific literacy and school science education. *School Science Review*, 71, 256, 43-51.

Jenkins, E.W. (1994). Public understanding of science and science education for action. *Journal of Curriculum Studies*, 26, 6, 601-611. Traducción castellana (1999): Comprensión pública de la ciencia y enseñanza de la ciencia para la acción. *Revista de Estudios del Currículum*, 2, 2, 7-22.

Jenkins, E.W. (1997). Scientific and technological literacy for citizenship: What can we learn from research and other evidence? 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. 29-50. Oslo: NIFU.

Kemp, A.C. (2002). Implications of diverse meanings for "scientific literacy". Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. Charlotte, NC. 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 (ERIC Document Reproduction Service No. ED 438 191): AETS. En http://www.ed.psu.edu/CI/Journals/2002aets/s3_kemp.rtf

Kyle, W.C. Jr. (1995). Scientific literacy: Where do go from here? *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 10, 1007-1009.

Laugksch, R.C. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Science Education*, 84, 1, 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.

Layton, D., Davey, A. y E.W. Jenkins (1986). Science for specific social purposes (SSSP): Perspectives on adult scientific literacy. *Studies in Science Education*, 13, 27-52.

Layton, D.; Jenkins, E.W.; Macgill, S. y A. Davey (1993). *Inarticulate science? Perspectives on the public understanding of science and some implications for science education*. Driffield: Studies in Education.

Li, H.; Oliver, J.S.; Jackson, D.F. y D. Tippins (1999). *A Technique for The Identification of An Operational Definition for Scientific Literacy*. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA. En <http://www.educ.sfu.ca/narstsite/Conference/lietal/lietal.html>

López-Cerezo, J.A. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 41-68.

Maiztegui, A.; Acevedo, J.A.; Caamaño, A.; Cachapuz, A.; Cañal, P.; Carvalho, A.M.P.; Del Carmen, L.; Dumas Carré, A.; Garritz, A.; Gil, D.; González, E.; Gras-Martí, A.; Guisasola, J.; López-Cerezo J.A.; Macedo, B.; Martínez-Torregrosa, J.; Moreno, A.; Praia, J.; Rueda, C.; Tricárico, H.; Valdés, P. y A. Vilches (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 129-155. En <http://www.campus-oei.org/revista/rie28a05.PDF>

Manassero, M.A.; Vázquez, A. y J.A. Acevedo (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

Manassero, M.A. y A. Vázquez (2002). Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 20, 1, 15-27.

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

Marco, B. (2002). La naturaleza de la ciencia, una asignatura pendiente en los enfoques CTS. Retos y perspectivas. Comunicación presentada en el *II Seminario Ibérico sobre Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza de las ciencias experimentales: "Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias y el enfoque CTS en los inicios del siglo XXI"*. Valladolid: Universidad de Valladolid (1-3 de julio).

Martínez-Ascunce, M.A. (2002). *Proyecto de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) de Innovación Pedagógica*. Memoria final, Berritzegune de Gasteiz-Vitoria.

Martins. I.P. (Coord.) (2000): *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino-aprendizagem das ciências experimentais*. Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro.

Matkins, J.J.; Bell, R.; Irving, K. y R. McNall (2002). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. Charlotte, NC. 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. 456-481).

Pensacola, FL: AETS (ERIC Document Reproduction Service No. ED 438 191). En

http://www.ed.psu.edu/CJ/Journals/2002aets/f2_matkins_bell_irving_m.rtf

MECD (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte) (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.

MECD (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte) (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.

Membiela, P. (2001). Algunas nuevas tendencias en el currículo de ciencias experimentales. En M. Martín Sánchez y J.G. Morcillo (Eds.), *Reflexiones sobre la Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 275-281). Madrid: Nivola.

Membiela, P., Ed. (2002). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.

National Science Teachers Association (1991). *Science-technology-society: A new effort for providing appropriate science for all*. Washington, DC: NSTA.

NRC (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academic Press.

OEI (1999). Programa Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. En <http://www.oei.es/ctsi.htm>

OEI (2001). *Memoria de la programación 1999-2000*, pp. 121-134. Madrid: OEI. En <http://www.oei.es/>

Oliver, J.S.; Jackson, D.F.; Chun, S.; Kemp, A.; Tippins, D.J.; Leonard, R.; Kang, N.H. y B. Rascoe (2001). The Concept of Scientific Literacy: A View of the Current Debate as an Outgrowth of the Past Two Centuries. *Electronic Journal of Literacy through Science*, 1, 1. <http://sweeneyhall.sjsu.edu/ejlts>

Osborne, J. (2000). Keynote speech. 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 I: *Science education for contemporary society: problems, issues and dilemmas* (pp. 8-14). 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>

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>

Poisson, M. (Ed.) (2000). *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. 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>

Ramsey, J. (1993). The Science Education Reform Movement: implications for social responsibility. *Science Education*, 77, 2, 235-258.

Rascoe, B.; Chun, S.; Kemp, A.; Jackson, D.; Li, H.; Oliver, J.S.; Tippins, D.J.; Nichols, S.E. y L. Radcliffe (1999). *Scientific Literacy: Interpretations of a Cross-Section of Our Society*. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA. En <http://www.educ.sfu.ca/narstsite/conference/rascoeetal/rascoeetal.html>

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

Rosenthal, D.B. (1989). Two approaches to Science-Technology-Society (S-T-S) Education. *Science Education*, 73, 5, 581-589.

Shamos, M.H. (1993). STS: A Time for Caution. En R.E. Yager (Ed): *The Science, Technology, Society Movement*. Washington DC: NSTA.

Shamos, M.H. (1995). *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press, New Brunswick, NJ.

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>

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

Snow, C.P. (1964). *The two cultures: And a second look*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Solbes, J.; Vilches, A. y D. Gil (2002a). Formación del profesorado desde el enfoque CTS. En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía* (pp. 163-175). Madrid: Narcea.

Solbes, J.; Vilches, A. y D. Gil (2002b). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza*

de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía (pp. 221-231). Madrid: Narcea.

Solomon, J. (1988). Science, technology and society courses: tools for thinking about social issues. *International Journal of Science Education*, 10, 4, 379-387.

Spector, B.; Strong, P. y T. Laporta (1998). Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. En W.F. McComas. (Ed): *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 267-276). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Tenreiro-Vieira, C. (2002). O Ensino das Ciências no Ensino Básico: Perspectiva Histórica e Tendências Actuais. *Revista de Psicologia, Educação e Cultura*, 6, 1, 185-201.

Tippins, D.J.; Nichols, S.E. y A. Kemp (1999). Cultural myths in the making: The ambiguities of science for all. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA. En

<http://www.educ.sfu.ca/narstsite/conference/tippinsnicholskemp/tippinsnicholskemp.html>

Tippins, D.J.; Oliver, J.S.; Jackson, D.; Chun, S.; Kemp, A.; Li, H.; Rascoe, B.; Nichols, S.E. y L. Radcliffe (1998). *Scientific literacy: Exploring the metaphor*. Paper presented at the Annual Meeting of the Association of Educators of Teachers of Science, Minneapolis, MN.

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>

Valdés, P., Valdés, R., Guisasola, J. y Santos, T. (2002). Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 101-128. En <http://www.campus-oei.org/revista/rie28a04.PDF>

Vázquez, A. (1999). Innovando la enseñanza de las ciencias: El movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats de Balears*, 8, 25-35. En

<http://www.cdlbalears.com/cts.htm>

Vázquez, A.; Acevedo, J.A., Manassero, M.A. y P. Acevedo (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176.

Yager, R.E. (1986). Restructuring science teacher education programs as they move towards an S/T/S focus. En R.K. James (Ed.): *Science, Technology and Society: Resources for Science Educators*, pp. 46-55 Columbus, OH: AETS and SMEAC Information Reference Center.

Yager, R.E. (1992). Constructivist Learning Model: A Must for STS Classrooms. En R.E. Yager (Ed), *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*. ICASE Yearbook. Peterfield: ICASE.

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.