

NUEVOS RETOS EDUCATIVOS: HACIA UNA ORIENTACIÓN CTS DE LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

JOSÉ ANTONIO ACEVEDO DÍAZ*
MARÍA ANTONIA MANASSERO MAS**
ÁNGEL VÁZQUEZ ALONSO***

Resumen

En los últimos años los conceptos de alfabetización científica y ciencia para todos están revolucionando las metas de la educación científica y, subsiguientemente, deberán transformar radicalmente los enfoques metodológicos. Este artículo discute la complejidad de ambos conceptos, que no ha permitido lograr un consenso entre los especialistas sobre su significado, su parcial oposición (contenidos de alfabetización pueden no ser aptos para todos), la distancia entre el currículo planificado y el currículo aplicado y las barreras que actúan contra las innovaciones como un escollo para su integración coherente. Finalmente, se justifica la aplicación de un enfoque de ciencia-tecnología-sociedad como la solución más sólida para dar respuesta a los nuevos retos planteados por la alfabetización científica y la ciencia para todos para la educación científica.

Abstract

During the last years, the goals of scientific education are changing due to people's concepts of scientific literacy and science. The purpose of this article is to explain the complexity of scientific literacy and science concepts. A lack of consensus among specialists in the definition of these concepts is analyzed. The resistance of specialists to literacy contents, the distance between planned and applied curriculum, and the barriers to educational innovations are considered. A science-technology-society framework is proposed as a solution to both scientific literacy and science problems.

* Inspección de Educación. Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Delegación Provincial de Huelva, España.

** Departamento de Psicología. Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca, España.

*** Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca, España.

Introducción

En los últimos años, la demanda de nuevos retos educativos para la enseñanza de la ciencia en el siglo XXI recurre con insistencia a lemas como alfabetización científica y tecnológica, ciencia para todos, comprensión pública de la ciencia, cultura científica y tecnológica, educación CTS (ciencia, tecnología y sociedad), etc. Estas máximas aparecen claramente reflejadas en numerosos informes de política educativa de influyentes organismos internacionales, tales como la UNESCO, el *International Council for Science* (ICSU) y la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), así como en las posiciones de poderosas asociaciones profesionales que han auspiciado ambiciosos proyectos; por ejemplo, en los EE.UU., la *American Association for the Advancement of Science* (AAAS, 1990, 1993), la *International Technology Education Association* (ITEA, 2000) y el *National Research Council* (NRC, 1996). Así pues, 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 el cada vez más tecnológico mundo contemporáneo y en la denominada sociedad de la información, con la alfabetización lectoescritora 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 larga historia en la educación científica, que se remontan hasta mediados del pasado siglo XX y aun mucho más atrás (Bybee, 1997; Deboer, 2000; Hurd, 1998; Oliver *et al.*, 2001). Sin embargo, coincidiendo con las reformas educativas proyectadas, desarrolladas e implantadas en muchos países durante los noventa, es cuando se ha revitalizado el debate internacional y se viene reivindicando 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 esto de verdad implica que la

enseñanza de la ciencia 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, incluyendo los valores éticos y democráticos que se ponen en juego cuando intervienen la ciencia y la tecnología en la sociedad (Holbrook, 2000).

La necesidad de alfabetizar científica y tecnológicamente a la sociedad se suele justificar haciendo hincapié en razones socioeconómicas, culturales, de autonomía personal, utilidad para la vida cotidiana, democráticas 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 las que Jenkins (1997) añade la razón ética de la responsabilidad que deben tener científicos, técnicos, políticos y ciudadanos en general. Resulta obligatorio hacer algunas precisiones sobre los conceptos que se ponen en juego para contribuir al debate en el que vienen participando desde hace tiempo una pléyade de profesionales de la educación científica. Añadiremos, también, que la tesis fundamental que se sustenta en este artículo es que el paradigma CTS puede guiar mejor que otros la selección de contenidos básicos, relevantes y más útiles para todos los estudiantes, que se relacionen con la vida cotidiana y puedan contribuir realmente a su alfabetización científica y tecnológica, así como dar pautas metodológicas para llevar a la práctica esta importante innovación educativa (Acevedo, 1996).

Los lemas *alfabetización científica y tecnológica y educación científica y tecnológica para todas las personas*: algunas precisiones para el debate conceptual

En las reflexiones recogidas en la bibliografía, la alfabetización científica se trata de muy diversas maneras: como un lema que resume como idea clave los propósitos de reforma de la enseñanza de la ciencia de un potente movimiento internacional de expertos en educación científica (Aikenhead, 2002), como una metáfora que sirve

para expresar de manera amplia las finalidades y objetivos de la educación científica (Bybee, 1997) y como un mito cultural (Shamos, 1995), que señala la utopía como ideal a perseguir. También se destaca su gran complejidad, puesta de manifiesto en las diferencias que aparecen en las definiciones propuestas por distintos especialistas y el escaso acuerdo que hay sobre su significado (Bybee, 1997; Gil y Vilches, 2001; Manassero y Vázquez, 2001), lo que hace difícil su definición operativa (Li *et al.*, 1999).

Sin duda, la alfabetización científica y tecnológica es una cualidad que se desarrolla gradualmente; por eso, frente a las tipologías propuestas por muchos autores, Bybee (1997) sugiere un esquema teórico donde se la considera como un continuo de conocimientos y prácticas sobre el mundo natural y el diseñado artificialmente por la tecnología, con diferentes grados y niveles respecto a la edad de la persona, tópicos abordados y contextos. Este continuo recorre la siguiente secuencia: *analfabetismo*, *alfabetización nominal*, *funcional*, *conceptual* y *procedimental* y, finalmente, *multidimensional*, incluyendo ésta otros aspectos como los históricos y sociales, la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, etc. Según Shamos (1995), para la mayoría de las personas este último grado es bastante difícil de alcanzar, pero es la meta (¿o quizás la utopía?) para conseguir una alfabetización científica y tecnológica más profunda. Por último, Laugksch (2000) sostiene que su carácter polémico y difuso se debe a la influencia de factores muy diversos en su interpretación:

- (i) diferentes grupos de interés, como expertos en educación científica, científicos sociales e investigadores de la opinión pública sobre cuestiones de política científica y tecnológica, sociólogos de la ciencia y profesionales de la educación científica que usan enfoques sociológicos y profesionales de la divulgación científica y tecnológica mediante la educación informal y no-formal (comunicadores, periodistas, especialistas de museos de ciencia y tecnología, etc.);
- (ii) las distintas definiciones conceptuales del término;

- (iii) su naturaleza absoluta o relativa;
- (iv) los diferentes propósitos que se persiguen; y
- (v) las diversas maneras de medirla, que en parte son consecuencia de los factores anteriores.

En consonancia con lo señalado por este último autor, resulta claro que hoy día el sistema escolar no es la única instancia interesada en la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía, ni es la única responsable de su consecución, pues existen otras que contribuyen a completarla durante toda la vida de las personas y a su permanente crecimiento. No obstante, aunque su logro 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 en los primeros años de la escolarización, configurando en gran parte el futuro desarrollo de una persona adulta alfabetizada científicamente y tecnológicamente.

Un importante problema detectado es que la máxima de alfabetización se asocia cada vez más al lema de ciencia para todos, dando por supuesto que ambas cosas son indisolubles sin precisar claramente lo que esto supone y, a veces, confundiéndolas. Respecto a ello, Tippins, Nichols y Kemp (1999) sostienen que *alfabetización científica* y *ciencia para todos* son dos conceptos potencialmente contradictorios; el alumnado puede estar recibiendo nociones de ciencia que se consideran aparentemente necesarias para lograr cierto grado de alfabetización científica, pero puede ocurrir que estos conocimientos les resulten poco interesantes y menos valiosos aun (Manassero y Vázquez, 2001). Por una parte, la alfabetización científica parece basarse en un determinado conjunto de conocimientos, destrezas y actitudes que los estudiantes deben conseguir; por ejemplo, los que señalan *Benchmarks* (AAAS, 1993) o *NSE Standards* (NRC, 1996). Por otra parte, la idea de ciencia para todos pretende una enseñanza de la ciencia que no excluya a nadie, refiriéndose más bien a cómo hacer más interesante y significativa la ciencia escolar y, sobre todo, darle relevancia para todo el alumnado. En suma,

Tippins *et al.* (1999) afirman que, en la práctica, la meta de ciencia para todos supone diferentes contenidos de ciencia escolar para estudiantes diversos, mientras que el de alfabetización científica implica la idea de que hay que alcanzar una misma ciencia escolar, por lo que entre estas dos nociones podría existir una fuerte tensión, que está en el núcleo del debate de la educación científica.

El dilema planteado es del todo relevante para la toma de decisiones sobre el currículo. De hecho puede ocurrir (¡y ocurre!) que algunos contenidos normalizados (estándares) que se proponen 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 necesariamente un currículo de ciencia y tecnología para todas las personas. Precisamente, una orientación CTS de la enseñanza de la ciencia permite tender puentes entre ambos conceptos (Chun *et al.*, 1999), actuando como elemento vertebrador que proporciona soluciones prácticas para resolver este problema y hacer que la alfabetización científica y tecnológica pueda proyectarse de verdad para todo el alumnado. Por ejemplo, los conceptos del núcleo común del currículo que se consideren básicos pero sean menos asequibles para un grupo de estudiantes podrían adaptarse mediante su contextualización social, tecnológica y científica de acuerdo con los principios del movimiento CTS.

Puesto que la alfabetización científica y tecnológica está íntimamente unida a lo social y cultural, es prácticamente imposible establecer un modelo universal para su consecución. Por tanto, aunque las finalidades, propósitos y objetivos generales sean idénticos, no es imprescindible pretender que el logro de los objetivos más específicos sea igual para todo el alumnado, aunque sí evitar que esto suponga la quiebra del principio de equidad. De otra forma, los diseños de proyectos basados en estándares solamente deben tomarse como referentes generales que habrá que situar en contextos más específicos, porque diferentes sociedades y grupos sociales diversos interactúan de distinta manera con la ciencia y la tecnología. Así pues,

en la práctica la alfabetización científica y tecnológica podrá concretarse de muchas maneras para que las personas alfabetizadas puedan tomar decisiones con distintos niveles de complejidad, pero sin que esta contextualización suponga perder la referencia del marco general previamente establecido.

Hacia una orientación CTS de la enseñanza de la ciencia: luces y sombras

La gran mayoría de las recomendaciones internacionales asociadas a la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas contienen numerosos elementos propios del movimiento CTS para la enseñanza de la ciencia; entre ellos, la inclusión de la dimensión social, la referencia a la tecnología como elemento que facilita la conexión con el mundo real y comprender mejor la naturaleza de la ciencia y la tecnociencia contemporánea, la relevancia para la vida personal y social de las personas con objeto de resolver problemas y tomar decisiones responsables en la sociedad civil, los planteamientos democratizadores de la ciencia y la tecnología, la familiarización con los procedimientos de acceso a la información y su comunicación, el papel humanístico y cultural de la ciencia y la tecnología, su uso para propósitos específicos sociales y la acción, la presencia de la ética y los valores de la ciencia y la tecnología, etc. En suma, las orientaciones del movimiento CTS continúan siendo una buena apuesta educativa para la contribución de la escuela a la alfabetización científica y tecnológica de todo el alumnado. En esta línea, Sjøberg (1997) subraya que, a pesar del tiempo pasado desde que salió a la luz, el movimiento CTS no ha sido suficientemente explotado aún y, sin embargo, quizás sea la inclusión de la perspectiva social de la ciencia y la tecnología la que puede resultar de mayor provecho para el público en la sociedad del futuro.

Para tomar conciencia de la importancia que internacionalmente se concede a las orientaciones del movimiento CTS para alcanzar una alfabetización científica y tecnológica más auténtica, se exponen a continuación algunas muestras recientes.

Durante la *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI*, celebrada en Budapest (Hungría) y auspiciada por la UNESCO y el ICSU, se elaboraron la *Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el uso del saber científico* y el *Proyecto de programa en pro de la ciencia: Marco general de acción*. En el punto 41 del primer documento (UNESCO-ICSU, 1999a) se afirma 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 24 del segundo (UNESCO-ICSU, 1999b) 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, que sea 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: “(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; (iii) el control social de la ciencia y la tecnología y su orientación a partir de opciones morales y políticas colectivas y explícitas.” (UNESCO-Montevideo, 1999).

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 las declaraciones de su Programa CTS+I (OEI, 1999), el cual se extiende a públicos muy diversos, que abarca a todos los grupos interesados en la alfabetización científica y tecnológica señalados por Laugksch (2000). El Programa CTS+I de la OEI señala también entre sus objetivos sociales los siguientes:

- (i) 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;
- (ii) estimular o consolidar en los jóvenes la vocación por el estudio de las ciencias y la tecnología, a la vez que la independencia de juicio y un sentido de la responsabilidad crítica;
- (iii) favorecer el desarrollo y consolidación de actitudes y prácticas democráticas en cuestiones de importancia social relacionadas con la innovación tecnológica o la intervención ambiental;
- (iv) 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;
- (v) contribuir a salvar el creciente abismo entre la cultura humanista y la cultura científico-tecnológica que fractura nuestras sociedades.

La preocupación por esta forma de entender la alfabetización científica y tecnológica de los estudiantes aparece explícita en este programa cuando se hace hincapié en: “La promoción de la alfabetización científica [y tecnológica], consolidando en los jóvenes la vocación por el estudio de las ciencias 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).

Una posición que también incide mucho en la relevancia personal y social para los estudiantes como rasgo esencial de la alfa-

betización científica y tecnológica, que está de acuerdo con los principios del movimiento CTS, es la sustentada por el *Proyecto 2000+* (UNESCO, 1994). En éste se mantiene que, entendida en su sentido más amplio, la alfabetización científica y tecnológica significa mucho más que una alfabetización funcional (poder leer, comprender y escribir sobre ciencia y tecnología), aunque ésta también es 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 relaciones CTS definen 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 CTS se consideran, cada vez más, una respuesta innovadora y un indicador de calidad de la enseñanza de la ciencia (Acevedo, 1997; Vázquez, 1999). La perspectiva CTS, que subraya especialmente las relaciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad (en todos los sentidos posibles), 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 las políticas científicas y tecnológicas para un desarrollo más justo y sostenible, 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. En relación con esto último, si se acepta el paradigma CTS como base y justificación de la educación científica, no deberían ser necesarias las adiciones de más si-

glas al acrónimo para referirse al medio ambiente o al desarrollo sostenible como hacen algunos autores, pues ambas están incluidas de manera natural en las interacciones entre el sistema tecnocientífico y la sociedad. En suma, las orientaciones del movimiento educativo CTS propician una enseñanza de la ciencia y la tecnología que realmente tengan en cuenta las experiencias e intereses personales y sociales de los estudiantes.

Pese a todo, se ha criticado que CTS es una innovación educativa definida con poca precisión que 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 la ciencia con orientación CTS (Ziman, 1994). Sin embargo, 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 haga en unos objetivos u otros, aunque sean similares los que nominalmente presidan todos los proyectos curriculares CTS (Aikenhead, 2002). El argumento de la imprecisión ha sido 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 que suele utilizarse alegremente el lema CTS para referirse a anécdotas científicas, artefactos espectaculares, cuestiones menores de actualidad científica, etc., frente a lo que debe subrayarse sin rodeos, en todo momento y en todos los contenidos, la importancia de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad como rasgo más distintivo. Dicho con otras palabras, los contenidos propios de ciencia y tecnología para todas las personas, alfabetización científica y tecnológica o preparación para la vida diaria deben mostrar explícitamente las relaciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

No obstante, en los currículos y libros de texto se ignoran la mayoría de las cuestiones centrales para un planteamiento CTS que facilite la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas, lo cual impide cualquier desarrollo que parta de la sociedad o

la vida diaria para llegar a la ciencia o la tecnología. Por el contrario, como se está denunciando ya (Aikenhead, 2002; Bybee, 1997), el gran peligro de muchos proyectos ambiciosos (*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 desvirtúan durante el camino recorrido hasta su aplicación práctica. En esa senda tortuosa, los conceptos científicos más añejos y rancios 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 cualquier otro de carácter estratégico, social y afectivo.

Como ejemplo de las trabas que en la práctica se ponen a la consecución de estos planteamientos novedosos, señalaremos que Bybee (1997) ha denunciado 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*; una decisión que está claramente en contra de los propósitos iniciales del proyecto y le hace perder gran parte de su valor. Sin lo primero se pierde un recurso importante para la comprensión de las relaciones CTS, en general, y de la naturaleza de la ciencia y cómo se elabora el conocimiento científico, en particular. Aún es más grave la ausencia de lo segundo (Deboer, 2000; Shamos, 1995), porque dificulta la posibilidad de relacionar la ciencia escolar con la experiencia cotidiana del alumnado, puesto que la tecnología es parte sustancial del entorno habitual de los estudiantes, algo que el profesorado de ciencias olvida con demasiada frecuencia por desgracia (Acevedo *et al.*, 2002b); de esta manera no se favorece un aprendizaje significativo porque se elimina una referencia importante para su logro, como es la posibilidad de transferir los aprendizajes escolares a la vida diaria (Vázquez *et al.*, 2001). Además, desde un punto de vista epistemológico, la exclusión de la tecnología conduce a una comprensión incompleta de la naturaleza de la ciencia y la tecnociencia contemporáneas (Acevedo, 2000).

La situación española

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, Vázquez y Acevedo, 2001), muestran carencias en muchas dimensiones CTS importantes (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, sobre todo, el significado de la tecnología y su papel en relación con la ciencia, que se suele olvidar habitualmente (Maiztegui *et al.*, 2002). Pero estos resultados no pueden sorprender, incluso son menos malos 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 (declaraciones de principios, intenciones y objetivos generales en sintonía con una enseñanza más contextualizada) que resulta huera en la práctica (con ausencia o desarrollo inadecuado en contenidos específicos y criterios para su evaluación). Por si fuera poco hay un claro retroceso en los nuevos y recientes Reales Decretos (MECD, 2001a, b) que establecen las enseñanzas para la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato, en los que se ignoran las reflexiones de los expertos internacionales en educación científica y se establecen normas que van en contra de sus recomendaciones.

Además, como afirma Membiela (2001), no hay que confundir las declaraciones normativas, ni tan siquiera las elaboradas en los propios documentos de planificación escolar (Proyecto de Centro, etc.), con la terca realidad del aula, poniéndose en evidencia que las grandes metas formuladas en los proyectos curriculares de los centros no predicen necesariamente las posteriores actuaciones del profesorado en el aula; aunque la mayoría sea consciente de las finalidades y los objetivos deseables, no saben luego cómo llevarlos a la práctica o, si lo saben, se ven a menudo envueltos en un ambiente rutinario y poco innovador, que les lleva a continuar enseñando las mismas cosas de siempre, aunque sea de manera diferente (Acevedo,

1996). De otra forma, junto a las barreras reales que actúan siempre contra cualquier innovación educativa (Anderson *et al.*, 1992), 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; y aun quedaría la distancia entre éste y el que realmente alcanzan los estudiantes.

Tampoco puede librarse de crítica la didáctica de las ciencias española porque, en general, llega tarde al debate internacional que se ha producido sobre la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas, lo que en la práctica ha supuesto el abandono de estas cuestiones curriculares básicas, que siguen pendientes de abordar de una manera más sistemática. Así pues, es necesario un cambio de signo urgente con propuestas más sólidas; iniciativas que en España deben surgir, con vocación de extenderse a otros ámbitos, desde foros adecuados como los Seminarios Ibéricos CTS de Aveiro (Martins, 2000) y Valladolid a celebrar este año (2002) con el sugerente lema general 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), entre otros posibles.

Recapitulación

La alfabetización científica y tecnológica para todas las personas añade a la educación científica valores 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 la ciencia. Desde esta perspectiva, pretender la alfabetización científica y tecnológica de toda la población debe ser una finalidad central y de referencia permanente para la educación científica, pues no en vano utopías e ideales han sido, en la mayoría de las culturas, poderosos motores de su identidad colectiva. El valor de su extensión en el tiempo es en parte una consecuencia de lo anterior, pues no parece razonable que lo ideal sea tan susceptible de detallarse de forma tan

concreta que se agote así 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 eficacia para lograrlo. La manera más sólida de afrontar estos retos educativos proviene del paradigma CTS, porque es el que proporciona el marco de referencia más adecuado 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*.

Finalmente conviene recordar el papel central del profesorado en cualquier innovación. En el *Proyecto 2000+* (UNESCO, 1994) se afirma respecto al profesorado: “La eficacia de los profesores de ciencia se nota cuando muestran entusiasmo para promover actitudes positivas hacia la ciencia y tecnología en la sociedad”. Una pieza necesaria para hacer viables estas propuestas requiere mejorar y profundizar la formación CTS del profesorado de todos los niveles del sistema educativo, como una innovación que está en consonancia con las más importantes y actuales recomendaciones internacionales para propiciar en la enseñanza de la ciencia 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*. Nueva York: Oxford University Press.
- AAAS** (1993). *Benchmarks for Science Literacy: A project 2061 report*. Nueva York: Oxford University Press.
- Acevedo, J.A.** (1996). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Borrador*, 13, 26-30. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo2.htm>>, 2001.
- Acevedo, J.A.** (1997). 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.** (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de Educación Secundaria en formación inicial. *Bor-dón*, 52 (1), 5-16.
- 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* (4-6-2001). <<http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/Acevedo.PDF>>.
- Acevedo, J.A.; Vázquez, A.; Manassero, M.A. y Acevedo, P.** (2002a). Actitudes y creencias CTS de los alumnos: su evaluación con el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad. En línea en *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 2 (aceptada su publicación). <<http://www.campus-oei.org/revistactsi/>>.
- Acevedo, J.A.; Vázquez, A.; Manassero, M.A. y Acevedo, P.** (2002b). Persistencia de las actitudes y creencias CTS en la profesión docente. En línea en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), <<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Articulo1.doc>>
- 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 línea en <<http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>>.
- Aikenhead, G.S.** (2002). STS Education: A Rose by Any Other Name. En: R. Cross (Ed.): *Crusader for Science Education: Celebrating and Critiquing the Vision of Peter J. Fensham*. Nueva York: Routledge. En línea en <<http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>>.
- Anderson, R.D.; Anderson, B.I.; Varanka-Martin, M.A.; Romagnano, L.; Bieleberg, J.; Flory, M.; Miera, B. y Whitworth, J.** (1992). *Issues of Curriculum Reform in Science, Mathematics and Higher Order Thinking Across Disciplines*. The Curriculum Reform Project, University of Colorado, USA.
- Bybee, R.W.** (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Caamaño, A. y Vilches, A.** (2001). La alfabetización científica y la educación CTS: un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo. *Enseñanza de las Ciencias*, N° extra, tomo 2 (VI Congreso), 21-22.

- 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 Kemp, A.** (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. En línea en <<http://www.educ.sfu.ca/narstsite/conference/chunetal/chunetal.html>>.
- 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.
- Fourez, G.** (1997). Scientific and Technological Literacy. *Social Studies of Science*, 27, 903-936.
- Gil, D. y Vilches, A.** (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.
- Holbrook, J.** (2000). School Science Education for the 21st Century - Promoting Scientific and Technological Literacy (STL). En línea en Wirescript Magazine - Education. <<http://wirescript.com/magazine/jh0001.htm>>.
- 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 línea en <<http://www.iteawww.org/TAA/STLstds.htm>>.
- 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.
- 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.

- Li, H.; Oliver, J. S.; Jackson, D. F. y Tippins, D.** (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 línea en <<http://www.educ.sfu.ca/narstsite/Conference/lietal/lietal.html>>.
- 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 Vilches, A.** (2002). *Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada*. Edición especial para el II Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias. Edición especial para el II Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias. La Habana: Pueblo y Educación.
- Manassero, M.A. y Vázquez, A.** (2001). Percepción de los estudiantes sobre la influencia de la ciencia escolar en la sociedad. *Bordón*, 53 (1), 97-113.
- 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.
- 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.
- 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.

- NRC** (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academic Press. **OEI** (1999). Programa Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. En línea en <<http://www.oei.es/ctsi9900.htm>>.
- OEI** (2001). *Memoria de la programación 1999-2000*, pp. 121-134. Madrid: OEI. En línea en <<http://www.oei.es>>.
- Oliver, J. S.; Jackson, D. F.; Chun, S.; Kemp, A.; Tippins, D. J.; Leonard, R.; Kang, N. H. y Rascoe, B.** (2001). The Concept of Scientific Literacy: A View of the Current Debate as an Outgrowth of the Past Two Centuries. En línea en *Electronic Journal of Literacy through Science*, 1 (1), <<http://sweeneyhall.sjsu.edu/ejls>>.
- 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 línea en <<http://folk.uio.no/sveinsj/Literacy.html>>.
- Tippins, D.J.; Nichols, S.E. y Kemp, A.** (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 línea en <www.educ.sfu.ca/narstsite/conference/tippinsnicholskemp/tippinsnicholskemp.html>.
- 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 línea 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 línea 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 ma-*

nual. For Promoting Scientific and Technological Literacy (STL) for All. Bangkok: UNESCO-PROAP.

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 línea en <<http://www.cdlbalears.com/cts.htm>>, 2001.

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

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.