

LA FORMACION DEL PROFESORADO DE ENSEÑANZA SECUNDARIA Y LA EDUCACION CTS. UNA CUESTION PROBLEMÁTICA

JOSE ANTONIO ACEVEDO DIAZ

RESUMEN

Los enfoques Ciencia/Tecnología/Sociedad (CTS) están empezando a orientar la enseñanza de las ciencias y de la tecnología en la Educación Secundaria. Después de aclarar diversos significados de CTS, en el artículo se discute sobre el interés de los profesores por la educación CTS y también se analizan algunos de los principales obstáculos que éstos tienen que superar para incorporarla a la enseñanza. Por último, se reclama una formación inicial y permanente de los profesores, capaz de conectar con sus creencias epistemológicas y actitudes hacia el tema CTS, con las finalidades de la educación y con la práctica en el aula.

ABSTRACT

The Science/Technology/Society (STS) approaches are beginning to guide the science and technology teaching in the Secondary Education. After clarifying several meanings of STS, in this paper we argue about the teachers' interest on the STS education and, likewise, we analyze various of the main difficulties that they have to incorporate it to the teaching. Finally, an initial ("pre-service") and permanent ("in-service") teacher training, which connect with their epistemological beliefs and attitudes toward the STS theme, with the education goals and with the classroom practice, is reclaimed.

PALABRAS CLAVE

Ciencia, Tecnología y Sociedad, Enfoques CTS, Enseñanza de las ciencias, Enseñanza de la tecnología, Creencias de los profesores, Actitudes de los profesores, Formación del profesorado.

KEYWORDS

Science, Technology and Society, STS approaches, Science Education, Technology Education, Teachers' beliefs, Teachers' attitudes, Teacher training.

1. INTRODUCCION

Desde la década de los ochenta, la perspectiva que se centra en las interacciones *Ciencia-Tecnología-Sociedad* (CTS en adelante) está intentando orientar en diversos países del mundo las finalidades, los objetivos y los materiales curriculares de la enseñanza de las ciencias físico-naturales en la Educación Secundaria. En España la introducción de los enfoques CTS es todavía más reciente, aunque éstos están empezando a aflorar con cierta intensidad aprovechando, quizás, la coyuntura positiva que ofrece el marco de la nueva ordenación del sistema educativo y la reforma curricular que lleva aparejada. Una prueba significativa de lo que decimos puede serlo el que la nueva revista de Didáctica de las Ciencias Experimentales *Alambique* haya dedicado uno de sus primeros monográficos al tema CTS (Caamaño 1995).

Sin embargo, por muchas virtudes que puedan tener los puntos de vista CTS, y que ya se encargan de difundir sobradamente sus principales propagandistas (ver, p. ej., Penick 1993, Yager 1990, 1993, Yager y Tamir 1993), es necesario conocer cómo conectan con los intereses del alumnado y del profesorado; esto es, aquellos a los que van destinados. En este trabajo el tema se va a centrar en los profesores, tratándose cuestiones relevantes como las siguientes:

- ¿Conocen los profesores lo que es la educación CTS?
- ¿Tienen interés por asumirla en su práctica docente?
- ¿Qué dificultades pueden tener para impartir CTS?
- ¿Qué formación CTS puede ser adecuada para el profesorado?

2. DIVERSOS SIGNIFICADOS PARA CTS

Bajo las siglas CTS subyacen distintos significados que, si bien guardan cierta relación entre sí, hay que aclarar para evitar posibles confusiones.

En el sentido más restringido *CTS* hace referencia a *una nueva optativa de Bachillerato: Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Aunque se trata de una materia claramente interdisciplinar, su desarrollo viene presidido por la reflexión filosófica crítica de la ciencia y la tecnología (para más información ver, p. ej., Fernández-González 1993, 1995, MEC 1993).

CTS es también *un campo académico de estudio e investigación* para una mejor comprensión de la ciencia y la tecnología en su contexto social. Desde este punto de vista, *CTS* cuenta ya con una cierta tradición universitaria en países como los Estados Unidos de Norteamérica y Gran Bretaña, con antecedentes que se remontan a finales de los años sesenta (para conocer cómo se ha producido su institucionalización en la Universidad pueden consultarse, p. ej., los trabajos de Cutcliffe 1990, Cutcliffe y Mitcham 1994, Mitcham 1990, Waks 1990b, y también los resúmenes más breves de Acevedo 1994a, Sanmartín y Luján 1992, Williams 1990). En España también se están produciendo serios esfuerzos por contribuir a este tipo de estudios e investigaciones, sobre todo por parte de los miembros del *Instituto de Investigaciones sobre Ciencia y Tecnología (INVESCIT)*, un Centro de Investigación privado cuyo Consejo de Dirección está formado por profesores de filosofía de diversas universidades españolas. Como hacen notar Sanmartín y López-Cerezo (1994), desde su fundación en 1985 el objetivo de INVESCIT era y es extender por España los estudios *CTS*, desarrollando programas de investigación sobre la tecnología y la ciencia contemporáneas desde la perspectiva de la filosofía crítica tales como el programa multidisciplinar *Tecnología, Ciencia, Naturaleza y Sociedad (TECNAS)* y los trabajos de evaluación integrada de tecnologías (Aibar 1990, Medina y Sanmartín 1989, 1990). Esta visión del tema *CTS* se está extendiendo también a la enseñanza secundaria (consultar, p. ej., Acevedo 1994a, 1995a, Sanmartín y Luján 1992, Waks 1990b) a través de cursos *CTS* "puros" como el de la anteriormente citada materia optativa del nuevo Bachillerato. Así, por ejemplo, cabe señalar que diversos grupos de la red de equipos de INVESCIT, como los de las Universidades de Barcelona y del País Vasco, se vienen ocupando en hacer propuestas para el diseño curricular de esta asignatura *CTS* (Sanmartín y López-Cerezo 1994).

En un sentido más amplio *CTS* es *una propuesta educativa innovadora de carácter general* que proporciona a las recientes propuestas alfabetizadoras de ciencia y tecnología (*Science and Technology Literacy, STL*) para todas las personas (*Science and Technology*

for All, STA) una determinada visión centrada en la formación de actitudes, valores y normas de comportamiento respecto a la intervención de la ciencia y la tecnología en la sociedad, y viceversa, con el fin de ejercer responsablemente como ciudadanos y tomar decisiones democráticas y razonadas en la sociedad civil (Acevedo 1995b, Waks 1990a, 1992). Desde esta perspectiva la educación CTS no puede limitarse a cursos específicos, sino que deberá impregnar transversalmente diversas áreas de conocimientos como las de Ciencias de la Naturaleza y de Tecnología de la ESO, así como a las materias optativas de esta etapa ligadas a las áreas anteriores y a las asignaturas científicas y tecnológicas de las nuevas modalidades de Bachillerato.

Por último, asimismo es necesario contemplar CTS como *un movimiento filosófico* con un programa cultural propio (sobre este punto de vista pueden consultarse, p. ej., Mitcham 1989, 1990, Waks 1990a,c).

Además de la variedad de significados que se acaba de mostrar, hay que diferenciar también CTS desde las siguientes perspectivas:

- CTS desde la enseñanza de la filosofía y/o la sociología.
- CTS desde la enseñanza de las ciencias físico-naturales.
- CTS desde la enseñanza de la tecnología.

Esta distinción es necesaria porque, aunque contengan elementos comunes, es muy probable que en cada caso no se esté hablando exactamente de lo mismo (Acevedo 1995b). Así, por ejemplo, en las materias de ciencias físico-naturales parece oportuno hacer más hincapié en la visión CTS desde una óptica científica: *naturaleza de la ciencia, interacciones entre ciencia y sociedad (CS) y entre ciencia y tecnología (CT)*; en cambio, en las materias tecnológicas debería insistirse más en la visión CTS desde un punto de vista tecnológico: *naturaleza de la tecnología, interacciones entre tecnología y sociedad (TS) y entre tecnología y ciencia (TC)*. Por otro lado, la asignatura optativa del nuevo Bachillerato *Ciencia, Tecnología y Sociedad* se presta quizás más al enfoque de un curso CTS con mayor énfasis en lo filosófico y lo sociológico, esto es, a una reflexión crítica sobre lo que ha supuesto y supone para la humanidad la ciencia y la técnica, por lo que encajaría claramente en lo que se viene denominando *enseñanza sobre la ciencia y la tecnología* (Acevedo 1995c,d, Gilbert 1992). Es importante tener en cuenta todas estas consideraciones, en primer lugar porque para conseguir una educación CTS lo más equilibrada posible habrá que intentar combinar todos los puntos de vista señalados (Rosenthal 1989) y, en segundo lugar, para poder analizar qué profesorado va a implicarse en la educación CTS.

3. INTERES DEL PROFESORADO POR LA EDUCACION CTS

El interés por el tema CTS puede venir motivado por diversas causas que no son excluyentes entre sí, entre ellas:

- Proporcionar una visión más adecuada de la ciencia y/o la tecnología situándolas en su contexto social.
- Dar coherencia epistemológica a la enseñanza practicada.
- Mejorar las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias físico-naturales y/o la tecnología.

- Potenciar la dimensión ética en la enseñanza de las ciencias físico-naturales y/o la tecnología a través de la educación en valores.
- Conseguir un mayor "espacio académico" para la práctica docente.

A pesar de que últimamente se está hablando bastante más sobre el tema, todavía no son muchos, por desgracia, los profesores que conocen suficientemente lo que significa y supone CTS, ni tampoco los que se interesan por ello. Hoy por hoy, es casi seguro que sea mayor el número de profesores de filosofía en ejercicio interesados por CTS que el de ciencias físico-naturales, el de tecnología o el de ciencias sociales (geografía e historia); pero el interés de los filósofos se centra sobre todo en impartir la nueva optativa de Bachillerato, porque están necesitados de un mayor "espacio académico". Por lo tanto parece ser que la asignatura *Ciencia, Tecnología y Sociedad* va a ser un campo abonado preferentemente para los profesores de filosofía. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos que algunos de estos profesores están realizando por prepararse, probablemente la mayoría carece de los necesarios conocimientos científicos y tecnológicos para poder situar en contexto adecuadamente sus análisis filosófico, histórico y sociológico sobre la ciencia y la tecnología. Aunque sin duda la filosofía tiene que ocuparse de la ciencia y la técnica, la materia optativa citada no debería ser un monopolio de los filósofos, sino más bien un lugar de encuentro interdisciplinar.

En cualquier caso, será necesario hacer serios esfuerzos por no caer, voluntaria o involuntariamente, en sesgos favorables a posiciones anticientíficas y antitecnológicas que, desde perspectivas excesivamente críticas, refuerzan la visión *diabólica* de la ciencia y la tecnología según la cual éstas son las principales causantes del deterioro del medio ambiente y el origen de la mayoría de los problemas más graves de la humanidad. Así mismo habrá que hacerlos también para no caer en el otro extremo, el de la imagen *titánica* de la ciencia y la tecnología, que las muestra como los grandes logros de la humanidad en sus intentos por conocer más y mejor a la naturaleza *indómita* para someterla a fin de resolver todas las necesidades humanas posibles en cada momento; un punto de vista que aparece con frecuencia ligado a la más dura tradición ingenieril y que viene a reforzar la también sesgada interpretación tecnocientista del progreso social, basada en el imperativo científico y el determinismo tecnológico que confunden dicho progreso con los cambios técnicos producidos por la civilización siguiendo criterios de una mayor eficiencia (Acevedo 1995d). Como dice Fleming (1989), refiriéndose a la "alfabetización" tecnológica, de lo que se trata es más bien de formar ciudadanos con capacidades para comprender críticamente la tecnología sin que esto suponga adoptar posiciones antitecnológicas, algo que también podría suscribirse en relación con la "alfabetización" científica. A conseguir superar ambos "fundamentalismos" podría ayudar como tercera vía la perspectiva *humanista*, que al referirse a la tecnología considera su papel en la sociedad como una respuesta evolutiva a las necesidades de las personas que van cambiando en cada época conjuntamente con los valores generales de la humanidad y las finalidades que ésta pretende.

Por otra parte, hay algunos datos significativos procedentes de la investigación educativa que hacen referencia al interés del profesorado de física y química en ejercicio por la incorporación de la educación CTS a la enseñanza que practican. Así, por ejemplo, en su tesis doctoral Vilches (1993, ver también Solbes y Vilches 1995) confirma la hipótesis de que, si bien muchos profesores de física y química (aproximadamente dos de cada tres de los consultados) piensan que la imagen socialmente descontextualizada de las ciencias físico-naturales que se suele mostrar en la enseñanza habitual es una de las principales causas del desinterés del alumnado hacia la física y la química y su aprendizaje, este profesorado luego no tiene en cuenta las interacciones CTS como algo suficientemente importante y que

merezca ser tratado en el aula (cerca del 90% las ignoran al analizar didácticamente los libros de texto de física y química). Aunque muchos justifican ésto por problemas estructurales, sin duda ciertos, tales como la extensión de los contenidos de las prescripciones curriculares oficiales, la falta de tiempo, etc., también subyacen otros profundos problemas relacionados con las creencias sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias, con las concepciones epistemológicas acerca de la naturaleza de la ciencia, etc. En efecto, al elaborar actividades CTS los profesores de la investigación de Vilches (1993) revelaron su escaso interés por algunos de los aspectos fundamentales de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, ya que la mayoría de ellos (cerca del 70%) se decantaron por simples aplicaciones técnicas de la física o la química, esto es, por aquellas actividades CT que se encuentran más próximas a los contenidos científicos. Así mismo, todas las actividades CTS propuestas hacían referencia a la influencia de la ciencia en la tecnología, la sociedad o el medio ambiente, pero nunca al revés; es decir, no había actividades sobre las implicaciones de la tecnología o de la sociedad en el desarrollo científico.

En resumen, aunque los profesores de física y química en ejercicio reconozcan el potencial motivador de las interacciones CTS, en el trabajo citado (Vilches 1993) se pone claramente de manifiesto un no excesivo interés de éstos por introducir las orientaciones educativas CTS en su práctica docente cotidiana. A nuestro juicio, también parece bastante razonable hacer inicialmente una conjetura en el mismo sentido para el caso de los profesores de tecnología, si bien ésto está por comprobar en la investigación educativa entre otros motivos por la muy reciente incorporación de la enseñanza de la tecnología general.

No obstante, para Solbes y Vilches (1995, ver también Vilches 1993) una formación adecuada del profesorado, capaz de permitir el debate con un mínimo de profundidad sobre el tema CTS en la enseñanza de las ciencias (los autores hacen referencia a un módulo de ocho horas dentro de los cursos de formación del profesorado enmarcados en el *modelo constructivista de enseñanza por investigación* de Gil et al. 1991), puede resultar suficiente para modificar positivamente el interés y la actitud de los profesores hacia las interacciones CTS y la necesidad de su introducción en la enseñanza que practican. En este sentido muestran datos concluyentes (Solbes y Vilches 1995, Vilches 1993) según los cuales, después de realizar el curso, prácticamente todos los profesores consideran que deberían incluir actividades CTS en sus clases de física y química y están dispuestos a hacerlo (algunos aseguran que ya venían haciéndolo antes de hacer el curso). Aun admitiendo que en tan breve plazo de tiempo se consigan cambios actitudinales tan formidables, sin embargo no se puede garantizar, en absoluto, que las concepciones del profesorado sobre los diversos aspectos CTS vayan a ser las más deseables, lo que nos conduce ineludiblemente a analizar algunas de las dificultades que pueden tener los profesores para poner en práctica una enseñanza con orientación CTS.

4. PROBLEMAS DEL PROFESORADO PARA INCORPORAR CTS A SU ENSEÑANZA

Entre las dificultades para poner en práctica la educación CTS en la enseñanza de las ciencias, Membiela (1995, citando a Cheek 1992, ver también Acevedo 1994a) destaca algunas que se refieren a problemas relacionados con el profesorado, tales como:

- Su formación básicamente disciplinar para abordar algo esencialmente multidisciplinar.

- Sus concepciones y creencias sobre la naturaleza de la ciencia, tanto en los aspectos epistemológicos como en los sociológicos.
- Un cierto temor a perder su identidad profesional, lo que en parte estaría relacionado con la percepción que tienen de las finalidades de la enseñanza de las ciencias.

Habría que añadir también, además de las resistencias comunes a todas las innovaciones educativas debido al carácter generalmente conservador de los sistemas educativos, la escasa familiaridad de la mayoría de este profesorado con muchas de las estrategias de enseñanza-aprendizaje y de evaluación que se requieren en la enseñanza CTS, las cuales son necesarias para componer un curriculum de ciencias filosóficamente más válido y al mismo tiempo pedagógicamente razonable (Hodson 1988, 1994), y el que estas técnicas, aunque estimulantes para la mayoría de los alumnos, pudieran resultar demasiado exigentes para muchos profesores (Acevedo 1995a). Así mismo, estas dificultades se pueden extender igualmente a los profesores de tecnología, cambiando tan sólo allí donde dice ciencia por tecnología.

Uno de los aspectos problemáticos señalados hace referencia a las concepciones acerca de diversas cuestiones de las interacciones CTS, tales como los puntos de vista acerca de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología, de los conocimientos que éstas elaboran, de las características del trabajo científico y del tecnológico, etc. Ya indicábamos más arriba que no había ninguna seguridad de que estas concepciones y creencias del profesorado fueran las más deseables, ni siquiera en el caso de los que están interesados por el tema CTS.

En efecto, del análisis de diversos trabajos extranjeros (ver, p. ej., Ben-Chaim y Zoller 1991, Rubba y Harkness 1993, Ruggieri et al. 1993, Zoller y Ben-Chaim 1994, Zoller et al. 1991a,b) y españoles (Acevedo 1994b, Carrascosa et al. 1993, Solbes y Traver 1992) sobre las opiniones y creencias de los profesores en ejercicio (*in-service*) y en formación inicial (*pre-service*), incluyendo a veces no sólo a los de ciencias físico-naturales sino también a los de ciencias sociales y, en algún caso, a los de tecnología, se deduce que:

- Junto a ideas bastante sensatas coexisten ciertas concepciones muy discutibles, algunas de ellas francamente simplistas o ingenuas, sobre diversos aspectos de las interacciones CTS.

- Pueden producirse mayores diferencias entre las visiones del profesorado dependiendo del país o lugar donde se ha hecho la investigación que entre el hecho de que impartan o no enseñanzas CTS. En el estudio de Zoller y Ben-Chaim (1994) también se aprecian tantas o más diferencias entre los profesores en ejercicio y en formación inicial que entre los profesores de ciencias físico-naturales y los de ciencias sociales, no siendo estas últimas tan grandes como quizás podría esperarse.

En el sistema educativo español Carrascosa et al. (1993) han puesto de manifiesto algunas de las visiones deformadas sobre la ciencia y el trabajo científico que tienen los profesores de enseñanza secundaria en ejercicio. Aunque ni todas las cuestiones abordadas ni la metodología seguida en las investigaciones son las mismas, estos resultados coinciden en parte con los que hemos encontrado al encuestar a profesores en formación que estaban realizando el CAP (Acevedo 1994b). No obstante, Carrascosa et al. (1993, en un documento interno donde se desarrolla más ampliamente la comunicación presentada) muestran unos resultados que revelan claramente que cuando se les presentan diversas alternativas a los profesores consultados, en general éstos son capaces de reflexionar y valorar mejor aquellas

opciones cuyos enunciados están más en concordancia con los puntos de vista de la epistemología contemporánea, lo que les hace concluir que es posible y relativamente sencillo (*sic*) conseguir en el profesorado de ciencias físico-naturales un cambio epistemológico adecuado sobre la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico.

A nuestro juicio resulta bastante sorprendente una afirmación de tanta contundencia acerca del cambio de creencias epistemológicas. Si una ampliación de las alternativas del cuestionario, añadiendo posiciones que se aproximan más a las concepciones epistemológicas actualmente dominantes, altera de una forma tan grande la valoración que dan los profesores a los puntos de vista deformados sobre la ciencia y el trabajo científico, entonces también caben otras interpretaciones alternativas a la conclusión a la que llegan Carrascosa et al. (1993) como, por ejemplo, si no será que las creencias detectadas no son más que un artificio creado por los instrumentos utilizados, o si no se tratará de valoraciones más o menos *ad hoc* para cumplir con la tarea demandada. Parece más razonable pensar, tan sólo a título de hipótesis porque se trata de un tema en el que hay que profundizar más, que estas creencias epistemológicas tienen mayor arraigo del que se desprende de la interpretación que hacen Carrascosa et al. (1993, en el documento citado). Además, el tratamiento de estas cuestiones no puede limitarse a la *dimensión cognitiva* (los conocimientos y las creencias), sino que entran en juego también la *dimensión afectiva* (los sentimientos y las preferencias) y, muy especialmente, la *dimensión conativa* (la interfase entre lo cognitivo y lo afectivo, relacionada con las declaraciones de intenciones y las conductas manifestadas), como corresponde a algo ligado a lo actitudinal. En cierto modo Carrascosa et al. (1993, en el mismo documento) están reconociendo esto al afirmar que "aunque es necesario y relativamente sencillo el cambio epistemológico del profesorado de ciencias, éste puede no ser suficiente para que sus implicaciones en la enseñanza se vean correctamente reflejadas".

¿Por qué este interés por conocer las concepciones del profesorado sobre las cuestiones CTS? Responder a esta pregunta supone en primer lugar dirigir la atención hacia las finalidades educativas que se pretendan con la enseñanza, lo que podría ayudar de paso a superar el temor a una posible pérdida de identidad profesional señalado con anterioridad. Si, por ejemplo, nos referimos a la enseñanza de las ciencias, el proyecto curricular debería venir presidido por tres grandes clases de finalidades (Reid y Hodson 1989):

- Finalidades centradas en *el alumno*.
- Finalidades centradas en *la sociedad*.
- Finalidades centradas en *la ciencia*.

Si se asumen con convencimiento, estas tres categorías resultarán de gran utilidad para orientar después las metas o los objetivos generales que se quieran alcanzar. Desde nuestro punto de vista, la educación CTS en la enseñanza de las ciencias puede contribuir poderosamente al desarrollo de los tres grupos de finalidades indicadas y también a otros como los centrados en la tecnología, si de su enseñanza habláramos. Por consiguiente, si se va a destinar parte del currículum a que los alumnos adquieran una buena educación CTS, se supone que el profesorado necesita poseer como condición *sine qua non* una correcta comprensión de las complejas interacciones CTS (Acevedo 1994b, Rubba 1989).

En esta línea de argumentación diversos autores (ver, p. ej., Matthews 1994, Meichtry 1993) han venido reclamando que, en la enseñanza obligatoria, los estudiantes deberían aprender algo acerca de la naturaleza de la ciencia además de contenidos y procesos científicos; esto es, que la enseñanza de las ciencias no debería ser solamente una enseñanza

para la ciencia sino también sobre la ciencia. Ziman (1980) llega aún más lejos, asegurando que se contribuiría mejor a la formación de los alumnos si se les enseñara un poco menos de la ciencia propiamente dicha y un poco más sobre la ciencia. En este sentido Hodson (1994) manifiesta que uno de los tres principales objetivos de la enseñanza de las ciencias es el aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia con el fin de desarrollar una mejor comprensión de ésta y sus métodos, así como contribuir a tomar conciencia de las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad (ver también Reid y Hodson 1989). Por su parte, como respuesta a la pregunta sobre qué es lo que resulta conveniente y posible incluir en la educación científica de los futuros ciudadanos, Gil (1994) profundiza en el tema y advierte del peligro de una enseñanza de las ciencias que centre sus objetivos fundamentalmente en un sólo tipo de conocimientos, sean estos conceptuales, metodológicos, actitudinales o sociológicos, al señalar explícitamente que es necesario superar posibles reduccionismos cuando manifiesta que:

"No tiene sentido, por ejemplo, pretender generar interés hacia la ciencia al margen de la comprensión de la naturaleza de la actividad científica, o plantear una familiarización con la actividad científica que no comporte la adquisición de conocimientos científicos. Sin embargo, sí es posible, como de hecho ocurre, plantear una adquisición de conocimientos conceptuales que no comporte familiarización con la investigación científica, o centrarse en la comprensión de la naturaleza de la ciencia sin lograr generar interés por la misma" (p. 20).

Pero el interés por las concepciones del profesorado sobre las interacciones CTS va más allá del debate acerca de las finalidades y las grandes metas de la educación científica, alcanzando a la forma de concebir la propia práctica docente. En efecto, como señala Gil (1992, 1993) es preciso superar visiones epistemológicas deformadas sobre la naturaleza de la ciencia, los científicos y su trabajo para hacer posible una efectiva transformación de la enseñanza de las ciencias. Cómo se forma la epistemología de un profesor sobre estas cuestiones, qué efectos tiene la misma sobre su manera de enseñar las ciencias y cómo contribuye a la imagen que el estudiante se va formando de la ciencia, son cuestiones relevantes que se vienen abordando en diversos estudios que definen una de las líneas prioritarias de investigación en Didáctica de las Ciencias durante los últimos años (ver, p. ej., la revisión de Lederman 1992) y que, sin embargo, distan mucho de estar resueltas.

Para Hodson (1994) las creencias inadecuadas de los profesores acerca de la naturaleza de la ciencia, y de otros aspectos CTS que hemos venido citando, se derivan de sus propias experiencias de aprendizaje escolar y universitario, viniendo reforzadas por los mitos que se transmiten en los libros de texto, en los materiales curriculares (ver, p. ej., Meichtry 1993) y en mucha de la divulgación científica al uso que se propaga a través de medios de comunicación diversos. Hodson (1994) llega incluso a afirmar, con bastante dureza, que los propios científicos siguen fomentando muchos de estos mitos, sobre todo aquellos que perciben que pueden contribuir a sus intereses profesionales y personales, y que los profesores también pueden estar manteniendo esta imagen sesgada de la ciencia y los científicos para destacar su posición en la escuela. Aunque sin duda hay ejemplos de esta clase de conductas, parece excesivo hacer generalizaciones de este tipo.

Por otra parte, si bien suele admitirse que la teoría de la naturaleza de la ciencia que tiene un profesor afecta a su práctica educativa en el aula (ver, p. ej., Carrascosa et al. 1993, Hodson 1994, Matthews 1994), a menudo se ha encontrado que los puntos de vista del profesorado acerca de este tema no estaban relacionados significativamente con los cambios de las concepciones sobre el mismo producidos en sus alumnos (Zeidler y Lederman 1989). A la vez, en diversos estudios sobre diferentes asuntos CTS, realizados en Canadá (Zoller et

al. 1990, 1991a,b), se han obtenido más diferencias significativas entre el alumnado y el profesorado, tanto si ambos están implicados en cursos CTS como si no lo están, que entre los alumnos que han recibido enseñanza CTS y los que no la han recibido, o que entre los profesores que imparten cursos CTS y los que no lo hacen. Así pues, parece ser que la posesión por parte de los profesores de una visión filosófica y sociológicamente más válida sobre la ciencia y el trabajo científico, por referirnos a uno de los aspectos importantes CTS, es necesaria pero no garantiza la adquisición de una buena epistemología en los estudiantes, de modo similar al conocido hecho de que un buen conocimiento de la materia a enseñar, aunque es muy importante, tampoco asegura en absoluto el correcto aprendizaje de la misma por parte de los alumnos.

Lederman y Zeidler (1987) han comprobado que uno de los elementos que más contribuye a la formación y modificación de las concepciones de los alumnos sobre estas cuestiones es el comportamiento concreto del profesor en el aula, por lo que atribuyen el fracaso de los estudiantes al tratar de adquirir una visión más adecuada de la naturaleza de la ciencia a que muy probablemente los profesores no reflejen exactamente su propia epistemología cuando enseñan en las clases de ciencias; esto es, a que no cumplen con la máxima de *practica lo que predicas*. Gil (1994) ha advertido también del peligro de esta pérdida de coherencia epistemológica cuando se pasa del discurso a la acción, señalando que la misma está reflejando la inestabilidad de las posiciones epistemológicas de los docentes cuando son confrontadas con las exigencias de la dura realidad del aula. Por consiguiente, el problema no se limita a que el profesorado posea concepciones más o menos adecuadas sobre la ciencia y el trabajo científico ya que, como hemos manifestado con anterioridad en este mismo artículo, en esta cuestión entran en juego, más allá de lo meramente cognitivo, las diferentes dimensiones de lo actitudinal. Resulta fundamental, pues, la exigencia de mayor coherencia entre la teoría epistemológica del profesor y su praxis educativa.

Zeidler y Lederman (1989) han afirmado también que el efecto del lenguaje habitual del profesorado a la hora de presentar la materia a enseñar produce, asimismo, un impacto significativo en las concepciones sobre la ciencia y el trabajo científico que van adquiriendo los estudiantes. A nuestro juicio, lo que estos autores están apuntando no es quizás más que una consecuencia en la enseñanza de las ciencias del denominado *curriculum oculto*, el cual influye poderosamente en los mensajes que se emiten en el aula. Como bien dice Matthews (1994), hay que tener presente que la teoría epistemológica de un profesor sobre la naturaleza de ciencia puede comunicarse explícita o implícitamente. En efecto, además de los libros de texto y otros materiales curriculares, los profesores pueden dar información explícita, previamente planificada o no, sobre sus puntos de vista acerca de la ciencia y el trabajo científico; por ejemplo, cuando intervienen para resaltar determinados aspectos de la metodología científica en las explicaciones de clase o en el trabajo de laboratorio (puede verse una crítica fundamentada acerca de esto en Hodson 1994). Sin embargo, es más frecuente que estas ideas se transmitan implícitamente en forma de diversos códigos a través de los distintos lenguajes empleados en las explicaciones del profesor y en los materiales de aprendizaje, tal y como señalan Zeidler y Lederman (1989).

Puesto que las consecuencias de una epistemología implícita, que no sale a la luz para ser cuestionada críticamente, suelen ser bastante negativas, Hodson (1994) recomienda hacer explícito lo implícito como primer paso para poder aprender algo sobre la naturaleza de la ciencia; de otra forma, si se ha asumido que este aprendizaje debe ser uno de los objetivos clave del curriculum de ciencias, entonces habrá que programar con sumo cuidado cómo alcanzarlo. Pero la planificación, y éste es el segundo paso, tiene que estar basada en un modelo de la ciencia filosófica y sociológicamente más válido que los habituales al uso;

un modelo capaz de situar en su contexto social el trabajo científico superando así visiones deformadas y simplistas de lo que es la ciencia y que, en definitiva, tome en cuenta las interacciones CTS en la construcción del conocimiento científico, pero sin olvidar tampoco, en aras de un sociologismo mal entendido, que la ciencia construye cuerpos coherentes de conocimientos... científicos, y que esto debe reflejarse en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias físico-naturales. Por último, como tercer paso para conseguir un determinado nivel de comprensión sobre la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico adecuado al ámbito escolar, también es preciso utilizar una amplia gama de técnicas activas de enseñanza-aprendizaje y prestar atención al clima de trabajo en el aula (para más detalles sobre esto ver, p. ej., Acevedo 1995a, Gil et al. 1991, Penick 1993), lo que nos conduce a otro tipo de dificultades de carácter pedagógico y metodológico que hay que vencer para poner en práctica con éxito la educación CTS y a las que nos hemos referido brevemente más arriba en este artículo.

5. HACIA UNA FORMACION CTS ADECUADA AL PROFESORADO

Retomando los planteamientos iniciales de este trabajo queremos resaltar la idea de que, en una enseñanza que pretenda la "alfabetización" científica y tecnológica de todas las personas, es necesario defender proyectos curriculares que no sólo presten atención a los hechos científicos y tecnológicos, sino que se ocupen también de los problemas humanísticos y sociales ligados a la ciencia y la tecnología; esto es, curricula con una orientación CTS. Pero, como con acierto señalan Gil et al. (1991), la comprensión de las interacciones CTS, además de ser un aspecto esencial para la formación de ciudadanos responsables en la sociedad contemporánea y futura, supone también una profundización en el conocimiento científico y tecnológico que permite cuestionar visiones deformadas de la naturaleza de la ciencia y la tecnología y enriquecer los puntos de vista acerca del trabajo que éstas desarrollan. Es ésta una idea que en España está empezando a calar en los planteamientos docentes e, incluso, entre los mismos científicos, como se puede comprobar, por ejemplo, en dos trabajos de reciente publicación: el excelente libro sobre la investigación científica y tecnológica escrito por Primo (1994) y el interesante artículo de reflexión crítica de García-Moliner y Fernández-Rañada (1994), en el que se opina sobre los estereotipos de los científicos y su papel en la sociedad.

No obstante, como ya hemos manifestado en diversas ocasiones (ver, p. ej., Acevedo 1995a), hay un abismo entre lo que se pretende con la enseñanza y lo que en realidad se está haciendo en el aula; en otras palabras, las grandes metas formuladas en los proyectos curriculares no predicen necesariamente las posteriores actuaciones del profesorado en clase. Esta afirmación no es solamente la impresión de alguien que ha podido observarlo a menudo como consecuencia de su ejercicio profesional, sino que está siendo puesta de relieve por la propia investigación didáctica (Penick 1993, Furió 1994): muchos profesores, que son conscientes de los objetivos deseables, no saben luego cómo llevarlos a la práctica, o si lo saben frecuentemente se ven envueltos por el ambiente cotidiano y rutinario de su Centro y continúan enseñando de la misma manera que siempre. Dada la importancia central del profesor en los procesos de innovación y reforma de la enseñanza no es de extrañar, pues, el pujante interés de la investigación educativa, desde planteamientos constructivistas, por la epistemología de la enseñanza de los docentes (Furió 1994).

Por otra parte, es un hecho totalmente comprobado en la actualidad que la capacidad innovadora de un profesor queda muy reducida por el insuficiente conocimiento de la materia

a enseñar y por la ignorancia de la naturaleza y la estructura de la misma. Sin duda las limitaciones en los esquemas conceptuales que se posean acerca de la disciplina constituyen una importante fuente de dificultades para el profesorado. En este sentido conviene recordar, si nos referimos por ejemplo a la enseñanza de las ciencias, que un buen dominio de la materia no queda supeditado solamente al cuerpo de conocimientos científicos sino que incluye otras muchas cosas, entre ellas las interacciones CTS y cómo éstas aparecen ligadas a la construcción de dichos conocimientos situándolos en su contexto histórico y social (Gil 1991). Otro tanto cabría decir asimismo en relación con la enseñanza de la tecnología (ver, p. ej., Acevedo 1995c, Layton 1988, Solomon 1995).

Como consecuencia de la generalmente escasa y a menudo obsoleta formación inicial que hasta ahora ha venido recibiendo el profesorado en el campo CTS, en un artículo anterior (Acevedo 1994b) reclamábamos la urgente incorporación de los estudios CTS a los planes de formación inicial y permanente del profesorado. Esta es también una necesidad asumida internacionalmente desde hace varios años. En efecto, en las conclusiones del 4^º *Simposio Internacional sobre tendencias mundiales de la Educación en Ciencia y Tecnología*, celebrado en 1987 en el IPN de Kiel (Alemania) y organizado por la *International Organization for Science and Technology Education (IOSTE)*, ya se recomendaba garantizar que la perspectiva CTS formara parte de los cursos de ciencias e ingenierías de la enseñanza universitaria, en general, y de los que se destinaran a la formación de profesores de ciencia y tecnología en particular (Hofstein, Aikenhead y Riquarts 1988). Un ejemplo reciente de formación CTS de postgrado para científicos, ingenieros y técnicos, que no está diseñada específicamente para quienes vayan a ser profesores pero de la que podrían beneficiarse éstos, puede encontrarse en los planes de estudio de la universidad holandesa de Twente, en donde se ofrece a los estudiantes todo un programa de filosofía CTS de amplio espectro, que incluye temas antropológicos, éticos, históricos, militares, organizativos, políticos, sociológicos, el papel de las mujeres y los hombres en la ciencia y la tecnología y la evaluación social de tecnologías (para más información sobre estos estudios puede consultarse Jelsma 1994).

Sin embargo, hay que reconocer que los cursos de formación inicial del profesorado tan sólo pueden dar una orientación hacia la educación CTS y algunas de las destrezas precisas para poder abordarla en el aula. Además, aunque la formación inicial sea correcta, la formación permanente resulta imprescindible porque la inmensa mayoría de las cuestiones relacionadas con la enseñanza no adquieren plenamente su sentido hasta que el profesor no se enfrenta con ellas en la práctica. Para garantizar la adecuación de la formación recibida se necesita por tanto mayor coordinación entre la formación previa, la iniciación en el ejercicio docente y la formación permanente del profesorado en activo.

En los Estados Unidos de Norteamérica Yager, uno de los promotores pioneros de la educación CTS en las enseñanzas Primaria y Secundaria, ha informado recientemente de los resultados del *Programa Chautauqua de la Universidad del Estado de Iowa*, destinado a la formación CTS de profesores en activo de estos niveles educativos (Yager 1993, Yager y Tamir 1993). El programa tuvo desde sus orígenes el apoyo de la *National Science Foundation (NSF)* y la *National Science Teachers Association (NSTA)*, habiendo pasado por el mismo entre 1983 y 1993 cerca de dos mil profesores. Aunque reconoce que con la generalización del programa no se han conseguido resultados tan destacados como en los primeros años de su implantación, lo cual suele ser habitual, según Yager (1993, ver también Yager y Tamir 1993) el éxito del modelo de diseminación CTS desarrollado por la universidad de Iowa es impresionante, revelando la evaluación del mismo un nivel de lo conseguido más que aceptable respecto a los objetivos formulados. De cualquier forma, el

modelo Chautauqua parece demasiado complejo y específico de la idiosincrasia local como para exportarlo al sistema educativo español.

Por su parte, Baigorri (1995), en un artículo sobre la formación del profesorado para impartir la enseñanza de la tecnología de la Educación Secundaria Obligatoria en Navarra, ha descrito brevemente el curso CTS que se está realizando en esa Comunidad y en el que también participan profesores de ciencias naturales (biología y geología), física y química, ciencias sociales (geografía e historia) y filosofía. En el mismo el tema CTS se trata desde diferentes ámbitos: *educativo, económico y socio-laboral, filosófico y ético, socio-histórico y medioambiental*. Dicho curso, que consta de sesenta horas de las que la cuarta parte no son presenciales, incluye también una fase de aplicación en el aula de algunos de los contenidos abordados con el apoyo de materiales curriculares.

Los modelos señalados ilustran como muestra dos modos distintos de formación CTS del profesorado y, desde luego, hay otros posibles y quizás más efectivos (ver, p. ej., Solbes y Vilches 1995, Vilches 1993). Pero un análisis más profundo de los mismos nos permitiría encontrar algunos elementos comunes en sus intenciones: que los contenidos que se aborden se perciban realmente como importantes por el profesorado, que resulten de interés y tengan suficiente calidad, que favorezcan el trabajo en equipo de los profesores, que éstos los puedan incorporar con satisfacción a la enseñanza y que permitan la reflexión sobre la práctica docente, sirviendo de ayuda también para poder cambiarla. Conseguir todo esto no es por supuesto nada fácil, pero a ello puede ayudar la exigencia a quienes se encargan de formar al profesorado de mayor coherencia con las propuestas innovadoras que presentan; esto es, también ellos deben cumplir la máxima *practica lo que predicas*.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACEVEDO, J.A. (1994a): *Ciencia y tecnología en su contexto social. En torno a treinta años de historia del movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)*. Conferencia impartida en las Jornadas de Industrias Químicas: "En torno a treinta años de historia". AIQB y CEP, Huelva.
- ACEVEDO, J.A. (1994b): "Los futuros profesores de Enseñanza Secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias". *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19, 111-125.
- ACEVEDO, J.A. (1995a): *Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS*. Documento no publicado, Huelva.
- ACEVEDO, J.A. (1995b): "Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias". *Escuela en Acción* (aceptada su publicación).
- ACEVEDO, J.A. (1995c): "Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema". *Alambique*, 3, 75-84.
- ACEVEDO, J.A. (1995d): "La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema". *Enseñanza de las Ciencias* (aceptada su publicación).
- AIBAR, E. (1990): "El Instituto de Investigaciones sobre Ciencia y Tecnología (INVESCIT)". En M. Medina y J. Sanmartín (Eds.): *Estudios sobre sociedad y tecnología*. Anthropos, Barcelona, 186-195.
- BAIGORRI, J. (1995): "Tecnología y formación del profesorado". *Aula de Innovación Educativa*, 36, 9-17.
- BEN-CHAIM, D. y ZOLLER, U. (1991): "The STS outlook profiles of Israeli High-School students and their teachers". *International Journal of Science Education*, 13(4), 447-458.
- CAAMAÑO, A. (1995): "La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo curriculum de Ciencias". *Alambique*, 3, 4-6.
- CARRASCOSA, J., FERNANDEZ, I., GIL, D. y OROZCO, A. (1993): "Análisis de algunas visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y las características del trabajo científico". *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra (IV Congreso), 43-44.
- CUTCLIFFE, S.H. (1990): "Ciencia, tecnología y sociedad: un campo interdisciplinar". En M. Medina y J. Sanmartín (Eds.): *Estudios sobre sociedad y tecnología*. Anthropos, Barcelona, 20-41.
- CUTCLIFFE, S.H. y MITCHAM, C. (1994): "Una descripción de los Programas y la Educación CTS universitaria en los Estados Unidos". En J. Sanmartín e I. Hromszky (Eds.): *Superando fronteras. Estudios Europeos de Ciencia-Tecnología-Sociedad y Evaluación de Tecnologías*. Anthropos, Barcelona, 189-218.

- CHEEK, D.W., Ed. (1992): *Thinking constructively about science, technology, and society education, Curriculum issues and inquiries series*. State University of New York Press, Albany, NY.
- FERNANDEZ, L. (1993): *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Materiales Didácticos para Bachillerato*. MEC, Madrid.
- FERNANDEZ, L. (1995): "La asignatura de Ciencia, Tecnología y Sociedad en el nuevo Bachillerato". *Alambique*, 3, 61-68.
- FLEMING, W. (1989): "Literacy for a technological age". *Science Education*, 73(4), 391-404.
- FURIO, C. (1994): "Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 188-199.
- GARCÍA, F. y FERNÁNDEZ, A. (1994): "Invitación a la autocrítica". *Revista Española de Física*, 8(3), 2-4.
- GIL, D. (1991): "¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias?". *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- GIL, D. (1992): "Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias a la transformación de la enseñanza de las ciencias". *Europhysicis Conference Abstracts*, 16 G, 61-85. International Conference on History the Physical- Mathematical Sciences and the Teaching of Sciences, Madrid.
- GIL, D. (1993): "Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/ aprendizaje como investigación". *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- GIL, D. (1994): "Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico". *Investigación en la Escuela*, 23, 17-31.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIO, C. y MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1991): *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE de la Universidad de Barcelona/Horsori, Barcelona.
- GILBERT, J.K. (1992): "The interface between science education and technology education". *International Journal of Science Education*, 14(5), 563-578.
- HODSON, D. (1988): "Toward a philosophically more valid science curriculum". *Science Education*, 72(1), 19-40.
- HODSON, D. (1994): "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio". *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- HOFSTEIN, A., AIKENHEAD, G. y RIQUARTS, K. (1988): "Discussion over STS at the Fourth IOSTE Symposium". *International Journal of Science Education*, 10(4), 357-366.
- JELSMA, J. (1994): "CTS en los Países Bajos. El departamento de Filosofía de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad de Twente y el Proyecto TEMPUS-SAST". En J. Sanmartín e I. Hromszky (Eds.): *Superando fronteras. Estudios Europeos de Ciencia-Tecnología-Sociedad y Evaluación de Tecnologías*. Anthropos, Barcelona, 23-52.
- LAYTON, D. (1988): "Revaluating the T in STS". *International Journal of Science Education*, 10(4), 367-378.
- LEDERMAN, N.G. (1992): "Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research". *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- LEDERMAN, N.G. y ZEIDLER, D. (1987): "Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior?" *Science Education*, 71(5), 721- 734.
- MATTHEWS, M.R. (1994): "Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual". *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277.
- MEC (1993): *Resolución de 29 de Diciembre de 1992, de la Dirección General de Renovación Pedagógica, por la que se regula el currículo de las materias optativas de Bachillerato*. BOE, Madrid.
- MEDINA, M. y SANMARTIN, J. (1989): "Filosofía de la tecnología, INVESCIT y el programa TECNAS". *Anthropos*, 94/95, 4-7.
- MEDINA, M. y SANMARTIN, J. (1990): "El programa "Tecnología, Ciencia, Naturaleza y Sociedad"". En M. Medina y J. Sanmartín (Eds.): *Estudios sobre sociedad y tecnología*. Anthropos, Barcelona, 114-122.
- MEICHTRY, Y.J. (1993): "The impact of science curricula on student views about the nature of science". *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 429-443.
- MEMBIELA, P. (1995): "Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Experimentales". *Alambique*, 3, 7-11.
- MITCHAM, C. (1989): *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Anthropos, Barcelona.
- MITCHAM, C. (1990): "En busca de una nueva relación entre ciencia, tecnología y sociedad". En M. Medina y J. Sanmartín (Eds.): *Estudios sobre sociedad y tecnología*. Anthropos, Barcelona, 11-19.
- PENICK, J.E. (1993): "Instrucción en el aula desde un enfoque CTS: nuevas metas requieren nuevos métodos". En C. Palacios, D. Ansoleaga y A. Ajo, Comps. (1993): *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias*. CIDE/MEC, Madrid, 439-458.
- PRIMO, E. (1994): *Introducción a la investigación científica y tecnológica*. Alianza, Madrid.
- REID, D.J. y HODSON, D. (1989): *Science for all*. Casell, Londres. Traducción de M.J. Martín-Díaz y L.A. García-Lucía (1993): *Ciencia para todos en Secundaria*. Narcea, Madrid.
- ROSENTHAL, D.B. (1989): "Two Approaches to Science-Technology- Society (S-T-S) Education". *Science Education*, 73(5), 581- 589.
- RUBBA, P.A. (1989): "An investigation of the semantic meaning assigned to concepts affiliated with STS education and STS instructional practices among a sample of exemplary science teachers". *Journal of Research in Science Teaching*, 26(8), 687-702.
- RUBBA, P.A. y HARKNESS, W.L. (1993): "Examination of Preservice and In-Service Secondary Science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions". *Science Education*, 77(4), 407-431.
- RUGGIERI, R., TARSITANI, C. y VICENTINI, M. (1993): "The images of science of teachers in Latin countries". *International Journal of Science Education*, 15(4), 383-393.

- SANMARTIN, J. y LOPEZ, J.A. (1994): "CTS en España. Instituto de Investigaciones sobre Ciencia y Tecnología (INVESCIT)". En J. Sanmartín e I. Hromszky (Eds.): *Superando fronteras. Estudios Europeos de Ciencia-Tecnología-Sociedad y Evaluación de Tecnologías*. Anthropos, Barcelona, 53-64.
- SANMARTIN, J. y LUJAN, J.L. (1992): "Educación en ciencia, tecnología y sociedad". En J. Sanmartín et al. (Eds.): *Estudios sobre sociedad y tecnología*. Anthropos, Barcelona 67-84.
- SOLBES, J. y TRAYER, M.J. (1992): "La historia de la física y la química y su papel en la enseñanza de estas ciencias". *Europhysics Conference Abstracts, 16 G*, 164-165. International Conference on History the Physical- Mathematical Sciences and the Teaching of Sciences, Madrid.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1995): "El profesorado y las actividades CTS". *Alambique, 3*, 30-38.
- SOLOMON, J. (1995): "El estudio de la Tecnología en la educación". *Alambique, 3*, 13-18.
- VILCHES, A. (1993): *Las interacciones CTS y la enseñanza de las ciencias físico-químicas*. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Valencia.
- WAKS, L.J. (1990a): "El ciclo de responsabilidad". En M. Peña (Ed.): *Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad: teoría y práctica*. National STS Network, Pennsylvania/Puerto Rico, 17-38.
- WAKS, L.J. (1990b): "Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales". En M. Medina y J. Sanmartín, (Eds.) (1990): *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Anthropos, Barcelona, 42-75.
- WAKS, L.J. (1990c): "Las relaciones escuela-comunidad y su influencia en la educación en valores CTS". En M. Peña (Ed.): *Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad: teoría y práctica*. National STS Network, Pennsylvania/Puerto Rico, 59-76.
- WAKS, L.J. (1992): "The responsibility spiral: a curriculum framework for STS Education". *Theory into Practice, 31(1)*, 13-19.
- WILLIAMS, W.F. (1990): "Desarrollos en Ciencia, Tecnología y Sociedad alrededor del mundo". En M. Peña (Ed.): *Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad: teoría y práctica*. National STS Network, Pennsylvania/Puerto Rico, 7-10.
- YAGER, R.E. (1990): "STS: Thinking Over the Years". *The Science Teacher, 57(3)*, 52-55.
- YAGER, R.E. (1993): "Make a Difference with STS". *The Science Teacher, 60(2)*, 45-48.
- YAGER, R.E. y TAMIR, P. (1993): "STS Approach: Reasons, Intentions, Accomplishments, and Outcomes". *Science Education, 77(6)*, 637-658.
- ZEIDLER, D.L. y LEDERMAN, N.G. (1989): "The effects of teachers' language on students' conceptions of the nature of science". *Journal of Research in Science Teaching, 26(9)*, 771-783.
- ZIMAN, J. (1980): *Teaching and learning about Science and Society*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ZOLLER, U. y BEN-CHAIM, D. (1994): "Views of Prospective Teachers versus Practising Teachers about Science, Technology and Society Issues". *Research in Science & Technological Education, 12(1)*, 77-89.
- ZOLLER, U., DONN, S., WILD, R. y BECKETT, P. (1991a): "Students' versus their teachers' beliefs and positions on science/technology/society-oriented issues". *International Journal of Science Education, 13(1)*, 25-36.
- ZOLLER, U., DONN, S., WILD, R. y BECKETT, P. (1991b): "Teachers' beliefs and views on selected science-technology-society topics: A probe into STS literacy versus indoctrination". *Science Education, 75(5)*, 541-561.
- ZOLLER, U., EBENEZER, J., MORELY, K., PARAS, S., SANDBERG, V., WEST, C., WOLTERS, T. y TAN, S.H. (1990): "Goal attainment in science-technology-society (S/T/S) education and reality: The case of British Columbia". *Science Education, 74(1)*, 19-36.