

Este documento ha sido adquirido para su publicación en español a la compañía Taylor and Francis Books Ltd., previa autorización de su autor, Glen Aikenhead. Apareció escrito como el capítulo 5 'STS education: A rose by any other name' de la obra *A vision for science education. Responding to the work of Peter Fensham*, editado por Roger Cross e impreso por la editorial RoutledgeFalmer en 2003.

Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame

Glen Aikenhead*

El trabajo de toda la vida de Peter Fensham ha abarcado la complejidad que define a la educación científica en las escuelas. Esa complejidad fue abordada en el volumen editado por Fensham (1988a) *Developments and Dilemmas in Science Education* [Desarrollos y dilemas en educación científica]. En los últimos dos capítulos, Joan Solomon (1988) y Harry Eijkelhof y Koos Kortland (1988) describieron un promisorio movimiento cuyo eslogan 'ciencia-tecnología-sociedad' (CTS) reunió una variedad de innovadores educadores en ciencia y tecnología. Para entonces, la educación CTS enfrentaba visiones confrontadas en asuntos tales como: el propósito de las escuelas; las políticas del currículo; la naturaleza del currículo de ciencia; la enseñanza y la evaluación; el papel de los profesores; la naturaleza del aprendizaje; la diversidad de educandos, y qué significa 'ciencia'. CTS era vista por algunos como un alejamiento radical del *status quo* —promovía una visión holística de la educación científica.

En variadas formas, Peter Fensham ha contribuido al surgimiento y evolución de CTS y él continúa participando en sus actuales transformaciones como 'ciencia para la comprensión pública' o 'ciencia para

los ciudadanos'. Fensham (1988b) reconoció que el cambio curricular sucede cuando hay cambios en las realidades sociales y responde a los mismos. Para CTS esas realidades incluyeron (Fensham, 1983; 1988c; 1992; 1996a): la Segunda Guerra Mundial; el movimiento Pugwash (ciencia para la responsabilidad social); el movimiento ambiental; el movimiento de las mujeres; las reformas al currículo de ciencia posteriores al Sputnik (y la reacción crítica de los años setenta a ese movimiento de reforma); la investigación sobre la enseñanza de la ciencia y el aprendizaje de los estudiantes; el decremento en la matrícula en la ciencia física, y la fastidiosa insistencia de parte de una minoría de educadores para presentar la ciencia a los estudiantes en una forma más humanística (en vez de la enseñanza científica elitista pre-profesional).

CTS requirió cambios fundamentales al *status quo* de la educación científica (Gaskell, 1982). En América del Norte, Paul Hurd (1986) evaluó, desde una perspectiva histórica, varios intentos importantes durante el siglo pasado de cambiar el *status quo* mediante la humanización del currículo de ciencia, de modo que tuviera relevancia para la mayoría de los estudiantes. Todos los intentos de reforma fallaron en alcanzar sus metas originales. Sin embargo, en los años 80 Fensham, entre otros, creyó que las condiciones sociales habían cambiado lo suficiente como para resistir un cambio fundamental al currículo de ciencia.

Este capítulo revisa, desde una perspectiva canadiense, cómo los educadores científicos establecieron el lema 'ciencia-tecnología-sociedad' (CTS); cómo el campo ha madurado en los últimas dos décadas y cómo el lema puede continuar cambiando conforme las nuevas realidades sociales y políticas retan a los educadores en ciencia.

El surgimiento de CTS en la ciencia escolar

Fue una coincidencia histórica a fines de los años 70 y principios de los 80 que la frase 'ciencia-tecnolo-

*University of Saskatchewan
Saskatoon SK S7N 0X1
Canada

¹ La traducción de este artículo la llevó a cabo Elia Arjonilla, a quien estamos muy agradecidos.

² En el título original en inglés 'STS education: A rose by any other name', la segunda parte hace referencia a la escena del balcón de la obra *Romeo y Julieta* escrita por William Shakespeare en la cual Julieta dice: *¿qué hay en un nombre? lo que llamamos rosa exhalaría el mismo grato perfume con cualquier otra denominación (What's in a name? that which we call a rose by any other name would smell as sweet)*. De acuerdo con Glen Aikenhead se decidió que en la versión en español se evitaría una traducción literal (*una rosa por cualquier otro nombre*) ya que podría tener poco sentido para los lectores hispanoparlantes; el propio Aikenhead sugirió la frase *una buena idea como quiera que se le llame* para referirse a la educación CTS en el título.

gía-sociedad' estuviera vigente en varios lugares al mismo tiempo mientras se desarrollaba un amplio consenso entre los educadores en ciencia acerca de la necesidad de innovación en la educación científica. En esa época, nuevas y diversas propuestas de ciencia escolar fueron introducidas, estimuladas por varios factores, tales como: una reevaluación de la cultura occidental y el subsecuente papel de la ciencia escolar en su transformación; una emergente necesidad de educación política para la acción; una demanda de aproximaciones interdisciplinarias a la educación científica organizadas alrededor de problemas amplios, y una nueva forma de demanda de preparación vocacional y tecnocrática (Fensham, 1992; 1996a; Solomon, 1988; 1994; este volumen). Todas estas propuestas retaron seriamente al *status quo*.

Tempranamente, en 1971, en la revista *Science Education*, Jim Gallagher propuso un nuevo objetivo para la ciencia escolar:

Para futuros ciudadanos en una sociedad democrática, comprender la interrelación entre ciencia, tecnología y sociedad puede ser tan importante como entender los conceptos y los procesos de la ciencia.

(Gallagher, 1971, p. 337)

Su proyecto proféticamente esquematizaba una lógica para enseñar los conceptos y procesos científicos incrustados en la sociología de la ciencia, la tecnología relevante y los asuntos sociales. La temprana publicación de Gallagher fue, tal vez, opacada por el artículo seminal de Paul Hurd (1975) titulado 'Science, technology, and society: new goals for interdisciplinary science teaching' [Ciencia, tecnología y sociedad: nuevas metas para la enseñanza interdisciplinaria de la ciencia], el cual delineaba una estructura de currículo para ciencia CTS. El apoyo a esta nueva meta llegó pronto en 1977 procedente del Proyecto *Synthesis* de Harms y Yager (1981) en los Estados Unidos de Norteamérica. El Proyecto *Synthesis* organizaba la educación científica en cinco dominios, uno de ellos se titulaba: La interacción de ciencia, tecnología y sociedad (C/T/S). Derek Holford (1982) citó este proyecto en su conferencia 'Training teachers for science-technology-society roles' [Entrenando a los profesores para los papeles de ciencia-tecnología-sociedad], presentada en el Segundo Simposio de IOSTE (por las siglas de *Internacional Organization for Science and Technology Education* [Organización Internacional para la Educación en Ciencia y Tecnología]) en Nottingham, Inglaterra. La abreviatura CTS fue uti-

lizada por Holford, tal vez influenciado por un libro de John Ziman (1980). En otra publicación de IOSTE, Bill Hall (1982) discutía los retos de los programas de C/T/S en las escuelas, inspirándose fuertemente en el trabajo tanto de Ziman (1980) como de Hurd (1975). Las ideas de Hall también fueron influenciadas por el artículo de Rip de 1979 acerca de programas de educación superior ('The social context of science, technology and society courses') [El contexto social de los cursos de ciencia, tecnología y sociedad], el cual a su vez se inspiraba en el libro de Spiegel-Rosing y Price (1977) *Science, Technology and Society: a cross-disciplinary perspective* [Ciencia, tecnología y sociedad: una perspectiva transdisciplinaria]. El libro tuvo influencia en los círculos de educación terciaria en su momento, tan es así que se le acredita la popularización del lema CTS en la educación superior (Solomon, 1988).

Los programas universitarios de CTS en los Estados Unidos de Norteamérica fueron formalmente iniciados en 1969 en la Universidad de Cornell y en la Universidad del estado de Pennsylvania (Cutcliffe, 1989). Su principal centro de atención era el análisis y la explicación de la ciencia y la tecnología como complejos constructos sociales que conllevan cuestiones culturales, políticas, económicas y teóricas generales (Cutcliffe, 1996, p. 291). Su contenido es generalmente más teórico que el contenido de CTS aplicable a la ciencia escolar. Cutcliffe señaló que el establecimiento de sociedades profesionales, revistas y boletines en 1970 le dio a CTS una residencia permanente en la educación superior. Esto ciertamente influyó a los educadores en ciencia que entraron en contacto con esta literatura, particularmente al grupo C/T/S de Piel (1981) dentro del Proyecto *Shynthesis*.

Para 1982, no obstante, los educadores en ciencia internacionales no habían alcanzado un consenso sobre el nombre de su nuevo movimiento. Algunas publicaciones presentadas en el Simposio de 1982 de IOSTE reflejaban preocupación respecto a una diversidad de puntos de vista: ciencia y/en sociedad; ciencia y tecnología; la interacción de ciencia y tecnología con sociedad y cultura, junto con el CTS de Holford y el C/T/S de Hall mencionados antes. El simposio fortuitamente reunió a educadores en ciencia preocupados por la reforma procedentes de Australia, Canadá, Italia, Holanda e Inglaterra quienes en varias formas estaban desarrollando (o habían desarrollado) nuevos currículos científicos influenciada por varias propuestas para cambiar el *status quo*

de la educación científica (véase Fensham, 1992: 1996b; Solomon, 1988, 1994; 1996). En una reunión informal dentro del simposio, varios asistentes acordaron iniciar un grupo especial de interés dentro del IOSTE bajo el estandarte 'CTS'.

Probablemente la influencia más poderosa en la elección de 'CTS' como el lema para la nueva aproximación fue la del trabajo fundamental de John Ziman (1980) *Teaching and Learning about Science and Society* [Enseñando y aprendiendo acerca de ciencia y sociedad]. A pesar de su título, el libro consistentemente se refería a CTS en su articulación con la lógica, direcciones y retos de CTS en la ciencia escolar. El libro pronto se convirtió en lectura obligada para los educadores en ciencia de todas partes. Aunque Bob Yager (1996a, p. 5) afirmaba que Ziman había acuñado el término CTS, el término fue reconocido en Inglaterra por la *Science Technology and Society Association* [Asociación de Ciencia Tecnología y Sociedad] que existía bajo los auspicios del *Council for Science and Society* [Consejo para la Ciencia y Sociedad] del cual Ziman era presidente.

En el otoño de 1982, en una conferencia internacional de profesores de ciencia en Saskatoon, Canadá, algunas personas del grupo especial de interés de la IOSTE trataron de unir fuerzas con el grupo de Estados Unidos de Norteamérica (Joe Piel, Bob Yager y Rodger Bybee). Una 'universidad invisible' se estableció formalmente en Saskatoon y fue llamada la *STS Research Network* [Red de Investigación de CTS]. Era un grupo internacional principalmente de educadores en ciencia universitarios y publicaba con regularidad boletines llamados *Missives* a lo largo de 1980 (Fensham, 1992). Los delegados de Estados Unidos de Norteamérica en la reunión de Saskatoon continuaron independientemente el desarrollo de sus propias versiones de ciencia CTS dentro de: la Asociación Nacional de Profesores de Ciencia [NSTA por sus siglas en inglés] (Bybee, 1985); la Universidad de Iowa (Blunck y Yager, 1996); el movimiento ambiental (Rubba y Wiesemayer, 1985); y el proyecto *Science Through STS* [Ciencia a través de CTS] (Roy, 1984). A lo largo de los años IOSTE ha seguido siendo un efectivo espacio internacional para el avance de la educación en ciencia CTS en todo el mundo.

Otras influencias en los educadores CTS en los años ochenta también vinieron de numerosas fuentes, entre las que se incluyen:

1. Proyectos y programas de educación superior, tales como *Science in a Social Context*, SISCON

[Ciencia en un Contexto social], en Inglaterra; el curso de la Universidad Deakin *Knowledge and Power* [Conocimiento y Poder], en Australia; las unidades de Ciencia y Sociedad en un curso de ciencia en la Open University inglesa, y de Schroerer (1972), *Physics and Its Fifth Dimension: Society* [Física y su Quinta Dimensión: la Sociedad].

2. Proyectos escolares tales como el *Schools Council Integrated Science Project* [Proyecto Integrado de Ciencia del Consejo de Escuelas], *Patterns*, en Inglaterra (Hall, 1973); *Science: a way of knowing* [Ciencia: una forma de conocer] en Canadá (Aikenhead y Fleming, 1975); *Science in Society* [Ciencia en sociedad] en Inglaterra (Lewis, 1981); el proyecto PLON en Holanda (Eijkelhof y Kortland, 1982) y *SISCON in schools* [Ciencia en un contexto social en las escuelas] en Inglaterra (Solomon, 1983; este volumen).
3. Revistas tales como el *Bulletin of Science, Technology and Society* [Boletín de Ciencia, Tecnología y Sociedad] inaugurado en 1981; y *Science, Technology and Human Values* [Ciencia, Tecnología y Valores Humanos] (originalmente un boletín). Publicaciones tales como el perspicaz análisis de educación científica para los ciudadanos de Jim Gaskell (1982); la declaración de principios de la NSTA (1982) *Science-Technology-Society: Science Education for the 1980s* [Ciencia, Tecnología y Sociedad: educación científica para los 80]; de Glen Aikenhead (1980) *Science in Social Issues: implications for teaching* [Ciencia en asuntos sociales: implicaciones para la enseñanza]; el artículo clave de Graham Orpwood y Doug Roberts *Science and society: dimensions of science education for the '80s'* [Ciencia y sociedad: dimensiones de educación científica para los '80s']; el discurso de Fletcher Watson que estableció la tónica en el Primer Simposio de IOSTE; y la declaración de principios *Alternatives for Science Education* [Alternativas para la Educación Científica] de la ASE (1979) (Association for Science Education [Asociación para la Educación Científica]).
4. Centros de enfoques humanísticos a la educación científica en Estados Unidos de Norteamérica, principalmente en la Universidad de Harvard (ej. Klopfer y Cooley, 1963); la Universidad de Stanford (ej. Hurd, 1970); el Instituto de Ontario de Estudios en Educación (ej. Roberts y Orpwood, 1979); la Universidad de Iowa (ej. Yager, 1996a); la Universidad de Berkeley (ej. Thier y Nagle, 1994), y una iniciativa en 1977

de profesionales de estudios sociales en Estados Unidos de Norteamérica para ayudar a los profesores, estudiantes y otros a lidiar efectivamente con asuntos sociales relacionados con la ciencia (McConell, 1982, p. 10) una iniciativa que ellos llamaron ciencia/tecnología/sociedad.

Parece claro que el lema CTS vino de diferentes fuentes procedentes de diferentes personas influidas por diferentes circunstancias y que fue adoptado por diferentes propósitos. Casi para cada escritor habrá una referencia bibliográfica diferente como la fuente original de CTS. No obstante, lo principal es que el lema creó redes de educadores en ciencia dedicados a cambiar el *status quo* de la ciencia escolar (Durban, 1991; Ziman, 1994).

La evolución de CTS

Peter Fensham (1985; 1988c; 1996c) contribuyó directamente a la evolución de CTS al forjar nexos entre la educación científica y la educación tecnológica arraigados en contextos sociales relevantes para todos los estudiantes. El papel de la tecnología en los programas CTS ha sido una preocupación en curso (Cheek, 2000; Fensham 1988a; Layton, 1994). Es interesante ver hacia atrás hasta 1982 y reconocer que la mayoría de los educadores que habían sido socializados en la ciencia académica no estaban a gusto con la inclusión de la tecnología en CTS. Esto explica su reticencia original para adoptar el lema CTS. Su limitada visión de la tecnología como una ciencia aplicada necesitaba ser confrontada y reconceptualizada dentro de una perspectiva más auténtica (Fensham y Gardner, 1994). Yo recuerdo el reto que hizo Geoffrey Harrison a mi propio pensamiento estrecho sobre tecnología en el Primer Simposio de IOSTE.

Un tema en la evolución de CTS ha sido el grado y sofisticación con los cuales es presentada la tecnología en las concepciones de los programas CTS. Otro tema que emerge de la evolución de CTS es la complejidad con la cual los programas CTS abordan el contexto social de la ciencia. Curiosamente, los escritos tempranos de Fensham eran caracterizados, creo yo, por una influencia en un solo sentido de la ciencia/tecnología sobre la sociedad, mientras en sus escritos de 1990 se expresaba una interacción mutua en dos sentidos. Su aparente reconceptualización de la interacción refleja un desarrollo similar para muchos colegas que originalmente estaban formados en las ciencias con su visión “ciencia-céntri-

ca” del mundo. De proyecto en proyecto y de país en país, el alcance del contexto social de la ciencia en los materiales CTS, por muchas razones, ha sido limitado. Por ejemplo, algunos proyectos CTS se centraban en los asuntos relacionados con la ciencia en la sociedad pero dejaban sin cuestionar las anacrónicas nociones positivistas de la ciencia encontradas en muchos currículos científicos (Bingle y Gaskell, 1994). Un abordaje más integral de CTS incluye el contexto social interno (la epistemología, sociología e historia de la propia ciencia), así como el contexto social externo de la ciencia (Ziman, 1984). Nuevamente, recuerdo mis sesgos tempranos a favor de la epistemología de la ciencia. Agradezco a Jim Gaskell (1982), entre otros, por proponer ideas más elaboradas acerca del contexto externo de la ciencia.

La maduración de CTS también puede ser rastreada a través de los desarrollos en la evaluación del aprendizaje de los contenidos: desde un paradigma cuantitativo (Aikenhead, 1973); un paradigma cualitativo (Aikenhead, 1979; 1988; Aikenhead y Ryan, 1992; Driver *et al.*, 1996), hasta una un paradigma de cognición situada (Gaskell, 1994; Solomon, 1992; Welzel y Roth, 1998).

La evolución de CTS dentro de la ciencia escolar es una compleja historia del desarrollo profesional e intelectual de los educadores en ciencia en lo individual. Cada país tiene su propia historia que contar. Por ejemplo, en Canadá e Israel, el ambiente [*environment* en inglés] fue enfatizado al añadirle una E a STS [una A en español a CTS, con el resultado CTSA y CTAS, respectivamente], alcanzando numerosas implementaciones escolares derivadas de ello (Aikenhead, 2000; Zoller, 1991). En los Países Bajos, el proyecto PLON creció al abrazar la educación ambiental, mientras que al mismo tiempo, se movía dentro de las escuelas secundarias y de bachillerato, y continuaba con la tradición del proyecto de realizar investigaciones a profundidad con la participación de los estudiantes (Eijkkelhof *et al.*, 1996). Algunas de las unidades PLON directamente influyeron en el desarrollo de módulos CTS similares en Australia y Canadá. En Inglaterra, fueron desarrollados una variedad de proyectos y planes de estudio sobre el estado del arte (Solomon, 1996; este volumen). Ellos inspiraron y guiaron a los educadores en ciencia de todo el mundo. En Australia, se hizo evidente un vínculo con la tecnología industrial en algunos proyectos, además de los cursos CTS más convencionales (Fensham y Corrigan, 1994; Giddings, 1996). En Bélgica bajo la dirección de Gérard Fourez, se

Tabla 5.1 Anuarios y ediciones especiales de revistas dedicadas a CTS.

Publicaciones	Referencia
Anuario NSTA, <i>Science-Technology-Society</i>	Bybee 1985
Anuario AETS, <i>Science, Technology and Society: resources for science educators</i>	James 1985
Edición especial, <i>International Journal of Science Education</i>	Holman 1988
Dos ediciones especiales, <i>Theory into Practice</i>	Gilliom <i>et al.</i> 1991, 1992
Anuario ICASE, <i>The status of STS: reform efforts around the world</i>	Yager 1992
Edición especial, <i>Melbourne Studies in Education</i>	Cross y Fensham 2000

Tabla 5.2 Libros clave de educación científica CTS

Publicaciones	Referencia
<i>Teaching and Learning about Science and Society</i>	Ziman, 1980.
<i>Thinking Constructively about Science, Technology and Society Education</i>	Cheek, 1992.
<i>Teaching Science, Technology and Society</i>	Solomon, 1993.
<i>STS Education: International Perspectives on Reform</i>	Solomon y Aikenhead, 1994.
<i>Science/Technology/Society as Reform in Science Education</i>	Yager, 1996b.
<i>Science, Technology and Society: a Sourcebook on Research and Practice</i>	Kumar y Chubin, 2000.

añadió la ética a CTS, siendo influyente la revista *Sciences Technologies Ethique Societé* (Ciencias Tecnológicas Ética Sociedad³), publicado por la Universidad de Namur. En Italia, CTS se desarrolló hacia una aproximación de los asuntos sociales más científicamente orientada (Pratt, 1990). En España, María Manassero-Mas, Ángel Vázquez Alonso y José Acevedo-Díaz (2001) han abordado CTS desde una perspectiva evaluativa, descrita en su libro *Avaluació dels Temes de Ciència, Tecnologia i Societat*. La historia de Japón consiste en educadores en ciencia que son influidos por proyectos de Inglaterra y Estados Unidos de Norteamérica, pero que desarrollan su propia versión de CTS, junto con una considerable cantidad de investigación (Nagasu y Kumano, 1996).

En varias ocasiones, anuarios y ediciones especiales de revistas se han concentrado en educación científica CTS y han hecho avanzar nuestro pensamiento colectivo. Se encuentran ejemplos de ellos en

³ (N. de la T.) Nótese el plural en "Ciencias y Tecnologías".

la tabla 5.1. También pueden localizarse discusiones a profundidad sobre ciencia CTS en libros clave de educación, enlistados en la tabla 5.2. La historia completa acerca del surgimiento y la evolución de CTS se encuentra en la lectura de estas publicaciones.

CTS para las escuelas en los Estados Unidos de Norteamérica a mediados de los años ochenta fue ampliamente influenciado por el proyecto de Rustum Roy (2000) '*Science Through STS*' [Ciencia a través de CTS] centrado en la Universidad Estatal de Pensilvania. En los años setenta, él estaba en el comité editorial del proyecto SISCON (*Science in a Social Context*). En 1988 en los Estados Unidos de Norteamérica Roy fundó la *National Association for Science Technology Society* (NASTS) [Asociación Nacional para Ciencia Tecnología Sociedad] que continúa reuniéndose anualmente y produciendo un boletín. Estas reuniones nacionales son un foro para la discusión multidisciplinaria, que reúnen a educadores escolares, estudiosos de la industria, de la ética, ingenieros, activistas sociales y profesores de programas CTS en educación superior. NASTS fue el nexo del desarrollo de CTS en Norteamérica para los educadores en ciencia.

Desafortunadamente, dos grandes iniciativas de educación científica de los Estados Unidos de Norteamérica, *Project 2061* (AAAS, 1989) y *Standards* (NRC, 1996) han dominado completamente la agenda del currículo de ciencia en ese país. Solamente hay referencias 'de dientes para afuera' a las perspectivas CTS en estos documentos de reforma (Koch, 1996). Lo que es más, la agencia responsable de financiar la mayoría de la investigación sobre educación y desarrollo de los currículos en los Estados Unidos de Norteamérica, la *National Science Foundation*, se ha apropiado del acrónimo CTS dándole el significado de estudios sobre ciencia y tecnología (Hackett, 2000). Mientras CTS continúa teniendo una fuerte presencia minoritaria en la educación superior, su influencia es mínima en los cursos pre-universitarios de ciencia en dicho país. Una excepción a esta tendencia es el proyecto SEPUP, *Science Education for Public Understanding Project* [Proyecto de Educación Científica para la Comprensión Pública] (Thier y Nagle, 1994). SEPUP ha producido recientemente dos sustantivos libros de texto CTS para los grados 9-11,⁴ *Issues, Evidence and You* y *Science and*

⁴ (N. de la T.) Que corresponden a los grados 3° de secundaria hasta 2° de bachillerato en México.

Sustainability [Asuntos, Evidencia y Usted, y Ciencia y Sustentabilidad].

Un aspecto positivo de un lema tal como CTS es la habilidad de cosechar la lealtad de un grupo de personas bastante diverso (Roberts, 1983; Ziman, 1994). Dada esta diversidad, no obstante, puede no haber acuerdo en el significado preciso de CTS, como sí lo hay, por ejemplo, sobre el significado de bioquímica. En consecuencia, un proyecto particular CTS, desarrollado en un país puede definir lo que es ciencia CTS para los educadores de ese grupo o país. Las críticas sobre CTS en ese país pueden en realidad resultar ser la crítica de un tipo particular de proyecto CTS; mismo que otros educadores CTS pueden encontrar inadecuado también. En una crítica de CTS, por ejemplo, Edgar Jenkins (1994) basó ampliamente su evidencia en un proyecto en los Estados Unidos de Norteamérica. En otra crítica, Jenkins (2000, p. 220) caracterizó los cursos CTS como soporte y enriquecimiento de los cursos convencionales de ciencia. Él concluyó que se necesita algo más radical que los programas CTS para humanizar la ciencia escolar. Sus argumentos descansan en cierto tipo de añadido-CTS (ej. *Science and Technology in Society*, [Ciencia y Tecnología en la Sociedad], SATIS; Hunt, 1988) pero ignora otros proyectos cuyos materiales radicales han sido públicamente prohibidos en algunos sistemas escolares (ej. *Logical Reasoning in Science and Technology*, [Razonamiento Lógico en Ciencia y Tecnología]; Aikenhead, 2000). Es reconfortante, sin embargo, escuchar la voz de Jenkins en un foro donde los proyectos CTS son generalmente criticados y rechazados por ser demasiado radicales (ej. Harding y Hare, 2000).

Una manera de paliar el problema de estereotipar a CTS, es describir sistemáticamente los múltiples significados que tiene. Guiados por el esquema de Fensham (1988c) que mostraba grados de interacción de la ciencia y la tecnología en el contexto de los asuntos sociales, yo intenté diseñar un esquema que representara un espectro de significados encontrados en los cursos y programas CTS (Aikenhead, 1994a; 2000). El espectro expresa la importancia relativa concedida al contenido CTS, de acuerdo con dos factores: (1) estructura del contenido (la proporción de contenido CTS versus el contenido de la ciencia canónica y la forma en que ambos están integrados); y (2) la evaluación del estudiante (el énfasis relativo en el contenido CTS versus el contenido de ciencia canónica). Propuse ocho categorías a lo largo de este espectro de perspectivas CTS. Estas

categorías están enlistadas en la tabla 5.3. La categoría 1 representa la más baja prioridad de contenido CTS, mientras que la categoría 8 representa la más alta prioridad. Un dramático cambio en la estructura del contenido sucede entre las categorías 3 y 4. En la categoría 3, la estructura del contenido está definida por la disciplina. En la categoría 4, es definida por el propio asunto tecnológico o social (aprender ciencia canónica sobre la base de la necesidad-de-conocer). La ciencia interdisciplinaria empieza en la categoría 5. Más que discutir los programas CTS basados en estereotipos, como tienden a hacerlo los críticos, nosotros deberíamos identificar varios programas mediante las ocho categorías, o mediante otro esquema descriptivo sistemático. Esta recomendación se extiende a los proyectos más recientes de ciencia para la comprensión pública (mencionados antes). La Tabla 5.3 proporciona, creo yo, un lenguaje para poder hablar sobre currículos, materiales de clase, y práctica escolar CTS. Roberts (1998), Jeans (1988) y McClelland (1998), por ejemplo, usaron este esquema de ocho categorías para investigar tanto la perspectiva de profesores novatos como la de experimentados acerca del cambio curricular, así como para saber de qué manera el cambio curricular puede afectar su forma de enseñar.

Todos los movimientos educativos parecen ser rebasados por el tiempo. En 1994, David Layton supuso que esto ya le había pasado a CTS. Sus comentarios son interesantes porque demuestran la observación de Peter Fensham (1988b) de que los cambios en un currículo ocurren desde el interior de los cambios en las realidades sociales y en respuesta a ellos. Layton (1994, p. 42) afirmó que en Inglaterra está ocurriendo un cambio en la misión global de la educación en el sentido de privilegiar lo práctico (por ejemplo, al relacionar la experiencia de los alumnos más cercanamente a la adquisición de capacidades prácticas en el mundo externo a la escuela). La expectativa de Layton sobre la desaparición de CTS, compartida por otros en esa época, se basaba en (1) la baja prioridad otorgada a la educación tecnológica en muchos programas CTS, y (2) la importancia creciente de la educación tecnológica para la capacidad práctica. No obstante, las realidades sociales del siglo XXI con crisis relacionadas, por ejemplo, con alimentos genéticamente modificados, el proyecto del genoma humano, la clonación humana; la enfermedad de las vacas locas, y los productos farmacéuticos, no han apoyado claramente el ascenso de la educación tecnológica. Sin embargo, la crítica

Tabla 5.3 Categorías de CTS en la ciencia escolar.

- | |
|---|
| 1. Motivación mediante contenido CTS. |
| 2. Infusión casual de contenido CTS. |
| 3. Infusión intencional de contenido CTS. |
| 4. Disciplina particular a través de contenido CTS. |
| 5. Ciencia a través de contenido CTS. |
| 6. Ciencia junto con contenido CTS. |
| 7. Infusión de ciencia en contenido CTS. |
| 8. Contenido CTS. |

responsable a lo largo de los años, como la de Layton y Jenkins, ha nutrido la evolución de CTS en el pasado, y se espera que siga reenfocando el movimiento en el futuro.

En retrospectiva

Un tema general encontrado en el surgimiento y evolución de CTS en la ciencia escolar ha sido la forma en la cual los contextos culturales hacen la diferencia en las propuestas para cambiar el *status quo*. Por ejemplo, Peter Fensham, David Lyton y Dennis Cheek, entre otros, han propuesto consistentemente la subcultura de la educación tecnológica para CTS, mientras que Roger Cross y otros han propuesto consistentemente la subcultura de la ética (Cross, 1997; Cross y Price, 1992; 1999). Éstas y muchas otras subculturas dentro de la academia y dentro de las instituciones educativas en todo el mundo continuarán influyendo en la ciencia escolar en el futuro.

Los lemas van y vienen conforme cambian las realidades sociales. Sin embargo, en cada época o en diferentes escenarios políticos, parece esencial utilizar un lema con el objeto de reunir apoyo para los cambios fundamentales en la ciencia escolar (Roberts, 1983). Por ejemplo, el lema ciencia-tecnología-sociedad-ambiente ha impulsado a un grupo diverso de ministerios de educación para colaborar en el primer marco nacional para un currículo de ciencia en Canadá (Aikenhead, 2000). Este documento ya ha motivado revisiones curriculares en algunas provincias y ha guiado la producción de nuevos libros de texto de ciencia (por ejemplo, Doug Roberts, Senior Programme Consultant, *Science Power series for Grades 7-10*, de McGraw-Hill Ryerson). Ciencia-Tecnología-Ciudadanía es un lema utilizado en Noruega donde la cultura tiende a acentuar las relaciones de los estudiantes con la naturaleza y con la ciudadanía nacional (Royal Ministry of Church,

Education and Research,⁵ 1995). Se han concluido proyectos innovadores noruegos dedicados a la enseñanza de la ciencia escolar para una ciudadanía informada (Knain, 1999; Kolstø, 2000; Ødegaard, 2001; Sjøberg, 1997). Frecuentemente en la actualidad leemos los lemas ‘Ciencia para todos’ (Fensham, 1985); ‘Ciencia para la comprensión pública’ (Eijkelhof y Kapteijn, 2000; Fensham y Harlen, 1999; Jenkins, 1999; Millar, 1996; 2000), ‘Ciencia ciudadana’ (Cross *et al.*, 2000; Irwin, 1995), ‘Alfabetización científica funcional’ (Ryder, 2001), o variaciones de éstos. ¿Cuál lema adoptará la nueva generación de educadores de ciencia innovadores?

El futuro

Con base en la historia pasada de CTS en la educación científica, podemos anticipar que varios lemas continuarán acumulando apoyo para cambiar la ciencia escolar. Podemos también anticipar que estos lemas cambiarán con el tiempo conforme los innovadores desarrollan su propia comprensión de su campo, se ajustan a los cambios en su cultura local, se distancian de percepciones estereotipadas o lemas pasados, y necesitan ser vistos haciendo algo diferente. En pocas palabras: CTS ‘una rosa, como quiera que se le llame’.

En este capítulo he buscado trazar la complejidad de subculturas, lealtades, intereses personales, y conceptos asociados con el surgimiento, evolución y reformulación de la ciencia CTS en las escuelas. ¿Qué subyace a esta complejidad? Los educadores CTS parecen reunirse alrededor de diversos intereses y metas. Esta paradoja demanda una explicación. Ellos coinciden en la necesidad de reformar la ciencia escolar (aunque no sean suficientemente reformistas para algunos críticos), y ellos valoran términos tales como humanismo, relevante o centrado en el estudiante. ¿Qué fuerza coalescente reúne a estos educadores en ciencia dentro del movimiento CTS?

A lo largo de los cincuenta años pasados, los educadores en ciencia han luchado sin éxito con el mismo dilema: ¿cómo preparamos a los estudiantes para ser ciudadanos informados y activos, y al mismo tiempo, cómo preparamos futuros científicos, ingenieros y médicos? Algunos filósofos de la edu-

⁵ (N de la T) Ministerio Real de Iglesia, Educación e Investigación, por su traducción al español. Resulta interesante ver reunidos en un mismo ministerio a la Iglesia con la Educación y la Investigación.

cación como Kieran Egan (1996), conceptualizan el dilema como dos voces irreconciliables que compiten por el currículo (dos ideas profundamente diferentes acerca del propósito de la educación científica). Una voz, la voz del pragmatismo con la herencia del pensamiento de Juan Jacobo Rousseau, John Dewey, Jean Piaget y Ros Driver, habla de estimular el desarrollo del potencial individual de cada estudiante. Por ejemplo, aprender a aprender y ser capaz de utilizar lo que uno ha aprendido (para la reconstrucción social, tal vez) se considera superior a amasar conocimiento académico. Esta voz pragmática define el núcleo de los valores profesionales de los educadores CTS y es, yo propongo, una solución a la paradoja antes mencionada.

Sin embargo, una segunda voz analizada por Egan habla de privilegiar a Platón y a la verdad acerca de la realidad. Por ejemplo, los estudiantes amasarán conocimiento que asegurará que su pensamiento se ajuste a lo que es real y verdadero acerca del mundo (Egan, 1996, p. 8). Un currículo académico puede desarrollar una visión de la realidad privilegiada, racional (Egan, 1996, p. 13). Egan señala que cualquier propuesta para cambiar el currículo escolar debe resolver la incompatibilidad teórica entre las dos, de otro modo la innovación propuesta será inútil. Egan también argumenta que al incluir ambas ideas dentro de un currículo, continuamos la disfuncionalidad que causa las tensiones y fracasos fundamentales en la escuela hoy en día.

Algunos educadores CTS han intentado resolver esta incompatibilidad. Ellos han sostenido que al no transmitir el conocimiento de la verdad Platónica a los estudiantes, los profesores no necesariamente socavan su objetivo de hacer educación científica en la educación pre-profesional, dada la estructura actual de los programas de ciencia universitaria y de ingeniería (Aikenhead, 1994b; Fensham, 1996a; Tobias, 1990; Yager y Krajcik, 1989). Los estudiantes talentosos, con interés en las ciencias, pueden tener éxito en los programas universitarios relacionados con ciencia independientemente de sus experiencias en la ciencia escolar. Del otro lado de la moneda, las consecuencias de transmitir un currículo de ciencia con la verdad platónica resulta tener un impacto general negativo en aquellos estudiantes talentosos con un interés por la ciencia y ellos abandonan la ciencia después de graduarse (Bond, 1985; Majumdar *et al.*, 1991; Oxford University, 1989). Así pues, en terrenos filosóficos, la voz privilegiada de la verdad platónica puede tanto ser ignorada como ser una

inconveniencia dentro de un currículo científico dominado por el pensamiento pragmático (Aikenhead, 1980). Los terrenos filosóficos, no obstante, no son las realidades sociales y políticas habitadas por la mayoría de los educadores en ciencia. Marginalar la verdad platónica es un acto político.

Parece claro para mí que el cambiar el *status quo* del currículo de ciencia no puede ser logrado simplemente por innovaciones al currículo del tipo CTS basadas sólo en fundamentos racionales filosóficos (por ejemplo, sostener exitosamente con evidencia empírica que un currículo pragmático es superior a un currículo privilegiado). Cambiar el *status quo* también requiere de intervenciones políticas basadas en políticas creativas y de negociaciones de poder (Aikenhead, 2002). Ignorar la política, hacer caso omiso de ella, dejarla para otros, o evadirla de cualquier manera, es hacer un pacto con la futilidad, no importa con cuál lema vivamos. Y, una vez más, Peter Fensham (1988d; 1992; 1998a; 1998b) ha ayudado a guiar el camino. ■

Referencias

- AAAS. (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Aikenhead, G.S. (1973). The measurement of high school students' knowledge about science and scientists. *Science Education*, 57, 539-549.
- Aikenhead, G.S. (1979). Using qualitative data in formative evaluation. *The Alberta Journal of Educational Research*, 25, 117-129.
- Aikenhead, G.S. (1980). *Science in social issues: Implications for teaching*. Ottawa, Canada: Science Council of Canada.
- Aikenhead, G.S. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 607-629.
- Aikenhead, G.S. (1994a). What is STS teaching? In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, pp. 47-59.
- Aikenhead, G.S. (1994b). Consequences to learning science through STS: A research perspective. In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, pp. 169-186.
- Aikenhead, G.S. (2000). STS in Canada: From policy to student evaluation. In D.D. Kumar & D.E. Chubin (Eds.), *Science, technology, and society: A sourcebook on research and practice*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp. 49-89.
- Aikenhead, G.S. (2002). The educo-politics of curriculum development. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1), in press.
- Aikenhead, G.S., & Fleming, R.W. (1975). *Science: A way of knowing*. Saskatoon, Canada: Curriculum Studies, University of Saskatchewan.
- Aikenhead, G.S., & Ryan, A.G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76, 477-491.

- ASE (Association for Science Education). (1979). *Alternatives for science education*. Hatfield, UK: Association for Science Education.
- Bingle, W.H., & Gaskell, P.J. (1994). Scientific literacy for decisionmaking and the social construction of scientific knowledge. *Science Education*, 72, 185-201.
- Blunck, S.M. & Yager, R.E. (1996). The Iowa chautauqua program: A proven in-service model for introducing STS in K-12 classrooms. In R.E. Yager (Ed.), *Science/technology/society as reform in science education*. Albany, NY: SUNY Press, pp. 298-305.
- Bond, H. (1985). Society's view of science. In G.B. Harrison (Ed.), *World trends in science and technology education*. Nottingham, U.K.: Trent Polytechnic, pp. 10-13.
- Bybee, R.W. (Ed.) (1985). *Science-technology-society*. 1985 NSTA Yearbook. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Cheek, D.W. (1992). *Thinking constructively about science, technology and society education*. Albany, NY: SUNY Press.
- Cheek, D.W. (2000). Marginalization of technology within the STS movement in American K-12 education. In D.D. Kumar & D.E. Chubin (Eds.), *Science, technology, and society: A sourcebook on research and practice*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp. 167-192.
- Cross, R.T. (1997). Ideology and science teaching: Teachers' discourse. *International Journal of Science Education*, 19, 607-616.
- Cross, R.T., & Fensham, P.J. (Eds.) (2000). *Science and the citizen for educators and the public*. (A special issue of the *Melbourne Studies in Education*.) Melbourne: Arena Publications.
- Cross, R.T., & Price, R.F. (1992). *Teaching science for social responsibility*. Sydney: St. Louis Press.
- Cross, R.T., & Price, R.F. (1999). The social responsibility of science and public understanding. *International Journal of Science Education*, 21, 775-785.
- Cross, R.T., Zatspein, V., & Gavrilenko, I. (2000). Preparing future citizens for post 'Chernobyl' Ukraine: A national calamity brings about reform of science education. In R.T. Cross & P.J. Fensham (Eds.), *Science and the citizen for educators and the public*. Melbourne: Arena Publications, pp. 179-187.
- Cutcliffe, S.H. (1989). The emergence of STS as an academic field. In P. Durbin (Ed.), *Research in Philosophy and Technology*, Vol. 9. Greenwich, Conn.: JAI Press, pp. 287-301.
- Cutcliffe, S.H. (1996). National association for science, technology, and society. In R.E. Yager, (Ed.), *Science/technology/society as reform in science education*. Albany, NY: SUNY Press, pp. 291-305.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Durbin, P.T. (1991). Defining STS: Can we reach consensus? *Bulletin of Science, Technology & Society*, 11, 187-190.
- Egan, K. (1996). Competing voices for the curriculum. In M. Wideen & M.C. Courtland (Eds.), *The struggle for curriculum: Education, the state, and the corporate sector*. Burnaby, BC, Canada: Institute for Studies in Teacher Education, Simon Fraser University, pp. 7-26.
- Eijkelhof, H.M.C., & Kapteijn, M. (2000). A new course on public understanding of science for senior general secondary education in the Netherlands. In R.T. Cross & P.J. Fensham (Eds.), *Science and the citizen for educators and the public*. Melbourne: Arena Publications, pp. 189-199.
- Eijkelhof, H.M.C., & Kortland, K. (1982, July). *The context of physics education*. A paper presented to the 2nd IOSTE Symposium, Nottingham, UK.
- Eijkelhof, H.M.C., & Kortland, K. (1988). Broadening the aims of physics education. In P.J. Fensham (ed.), *Development and dilemmas in science education*. New York: Falmer Press, pp. 282-305.
- Eijkelhof, H.M.C., Kortland, K., & Lijnse, P.L. (1996). STS through physics and environmental education in the Netherlands. In R.E. Yager (Ed.), *Science/technology/society as reform in science education*. Albany, NY: SUNY Press, pp. 249-260.
- Fensham, P.J. (1983). A research base for new objectives of science teaching. *Science Education*, 67, 3-12.
- Fensham, P.J. (1985). Science for all. *Journal of Curriculum Studies*, 17, 415-435.
- Fensham, P.J. (Ed.) (1988a). *Developments and dilemmas in science education*. New York: Falmer Press.
- Fensham, P.J. (1988b). Familiar but different: Some dilemmas and new directions in science education. In P.J. Fensham (Ed.), *Developments and dilemmas in science education*. New York: Falmer Press, pp. 1-26.
- Fensham, P.J. (1988c). Approaches to the teaching of STS in science education. *International Journal of Science Education*, 10, 346-356.
- Fensham, P.J. (1988d). Physical science, society and technology. *Australian Journal of Education*, 32, 375-386.
- Fensham, P.J. (1992). Science and technology. In P.W. Jackson (Ed.), *Handbook of research on curriculum*. New York: Macmillan Publishing Co., pp. 789-829.
- Fensham, P.J. (1996a). Post-compulsory education and science dilemmas and opportunities. In P.J. Fensham (Ed.), *Science and technology education in the post-compulsory years*. Melbourne, Australia: Australian Council for Educational Research, pp. 9-30.
- Fensham, P.J. (Ed.) (1996b). *Science and technology education in the post-compulsory years*. Melbourne, Australia: Australian Council for Educational Research.
- Fensham, P.J. (1996c). Conclusion. In P.J. Fensham (Ed.), *Science and technology education in the post-compulsory years*. Melbourne, Australia: Australian Council for Educational Research, pp. 317-321.
- Fensham, P.J. (1998a). Student response to the TIMSS Test. *Research in Science Education*, 28, 481-506.
- Fensham, P.J. (1998b). The politics of legitimating and marginalizing companion meanings: Three Australian case stories. In D.A. Roberts & L. Östman (Eds.), *Problems of meaning in science curriculum*. New York: Teachers College Press, pp. 178-192.
- Fensham P.J., & Corrigan, D. (1994). The implementation of an STS chemistry course in Australia: A research perspective. In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, pp.194-204.
- Fensham, P.J., & Gardner, P.L. (1994) Technology education and science education: A new relationship? In D. Layton (Ed.), *Innovations in science and technology education*. Vol. 4. Paris: UNESCO, pp. 159-170.
- Fensham, P.J., & Harlen, W. (1999). School science and public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 12, 755-763.
- Gallagher, J.J. (1971). A broader base for science education. *Science Education*, 55, 329-338.

- Gaskell, J.P. (1982). Science, technology and society: Issues for science teachers. *Studies in Science Education*, 9, 33-46.
- Gaskell, P.J. (1994). Assessing STS literacy: What is rational? In K. Boersma, K. Kortland, & J. van Trommel (Eds.), *7th IOSTE symposium proceedings*. Endrecht: IOSTE Conference Committee, pp. 309-320.
- Giddings, G. (1996). STS initiatives in Australia. In R.E. Yager (Ed.), *Science/technology/society as reform in science education*. Albany, NY: SUNY Press, pp. 271-279.
- Gilliom, M.E., Helgeson, S.L., & Zuga, K.F. (Guest Eds.) (1991). *Theory into Practice* (special issue on STS), 30(4).
- Gilliom, M.E., Helgeson, S.L., & Zuga, K.F. (Guest Eds.) (1992). *Theory into Practice* (special issue on STS), 31(1).
- Hackett, E.J. (2000). Trends and opportunities in science and technology studies: A view from the National Science Foundation. In D.D. Kumar & D.E. Chubin (Eds.), *Science, technology, and society: A sourcebook on research and practice*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp. 277-291.
- Hall, W.C. (1973). *Patterns: Teachers' handbook*. London: Longman/Penguin Press.
- Hall, W.C. (1982, July). *Science/technology/society education: Reasons for current interest and problems to overcome*. A paper presented to the 2nd IOSTE Symposium, Nottingham, UK.
- Harding, P., & Hare, W. (2000). Portraying science accurately in classrooms: Emphasizing open-mindedness rather than relativism. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 225-236.
- Harms, N.C., & Yager, R.E. (Eds.) (1981). *What research says to the science teacher*. Vol. 3. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Harrison, G. (1979, August). *The role of technology in science education*. A paper presented to the 1st IOSTE Symposium, Halifax, Canada.
- Holford, D. (1982, July). *Training science teachers for 'science-technology-society' roles*. A paper presented to the 2nd IOSTE Symposium, Nottingham, UK.
- Holman, J. (Guest Ed.) (1988). *International Journal of Science Education* (special issue on STS), 10(4).
- Hunt, J.A. (1988). SATIS approaches to STS. *International Journal of Science Education*, 10, 409-420.
- Hurd, P.D. (1970). Scientific enlightenment for an age of science. *The Science Teacher*, 37(1), 13-15.
- Hurd, P.D. (1975). Science, technology and society: New goals for interdisciplinary science teaching. *The Science Teacher*, 42(2), 27-30.
- Hurd, P.D. (1986). Perspectives for the reform of science education. *Phi Delta Kappan*, 67, 353-358.
- Irwin, A. (1995). *Citizen science: A study of people, expertise and sustainable development*. New York: Routledge.
- James, R.K. (Ed.) (1985). *Science technology and society: Resources for science educators* (1985 AETS Yearbook). Columbus, OH: Association for the Education of Teachers in Science.
- Jeanes, S.L. (1998, May) *Teacher images of the intent of science curriculum policy: Experienced and novice teachers at work*. A paper presented at the annual meeting of the Canadian Society for the Study of Education, Ottawa, Canada.
- Jenkins, E. (1994). Public understanding of science and science education for action. *Journal of Curriculum Studies*, 26, 601-611.
- Jenkins, E. (1999). School science, citizenship and the public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 21, 703-710.
- Jenkins, E. (2000). 'Science for all': Time for a paradigm shift? In R. Millar, J. Leach & J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research*. Buckingham, UK: Open University Press, pp. 207-226.
- Klopfer, L.E., & Cooley, W.W. (1963). "The History of Science Cases" for high school in the development of student understanding of science and scientists. *Journal of Research in Science Teaching*, 1, 33-47.
- Knain, E. (1999). Sense and sensibility in science education: Developing rational beliefs through cultural approaches. *Studies in Science Education*, 33, 1-29.
- Koch, J. (1996). National science education standards: A turkey, a valentine, or a lemon? In R.E. Yager (Ed.), *Science/technology/society as reform in science education*. Albany, NY: SUNY Press, pp. 306-315.
- Kolstø, S.D. (2000). Consensus projects: Teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, 22, 645-664.
- Kumar, D.D., & Chubin, D.E. (Eds.) (2000). *Science, technology, and society: A sourcebook on research and practice*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Layton, D. (1994). STS in the school curriculum: A movement overtaken by history? In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, pp. 32-44.
- Lewis, J. (Proj. Dir.). (1981). *Science in society*. London: Heinemann Educational Books.
- Majumdar, S.K., Rosenfeld, L.M., Rubba, P.A., Miller, E.W., & Schmalz, R.F. (Eds.) (1991). *Science education in the United States: Issues, crises and priorities*. Easton, PA: The Pennsylvania Academy of Science.
- Manassero-Mas, M., Vázquez-Alonso, Á., & Acevedo-Díaz, J. A. (2001). *Avaluació dels Temes de Ciència, Tecnologia i Societat*. Les Illes Balears, Spain: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- McClelland, L.W. (1998, May). Curriculum change: What experienced science teachers say about it. A paper presented at the annual meeting of the Canadian Society for the Study of Education, Ottawa, Canada.
- McConnell, M.C. (1982). Teaching about science, technology and society at the secondary school level in the United States: An education dilemma for the 1980s. *Studies in Science Education*, 9, 1-32.
- Millar, R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77 (280), 7-18.
- Millar, R. (2000). Science for public understanding: Developing a new course for 16-18 year old students. In R.T. Cross & P.J. Fensham (Eds.), *Science and the citizen for educators and the public*. Melbourne: Arena Publications, pp. 201-214.
- Nagasu, N., & Kumano, Y. (1996). STS initiatives in Japan: Poised for a forward leap. In R.E. Yager (Ed.), *Science/technology/society as reform in science education*. Albany, NY: SUNY Press, pp. 261-270.
- NRC (National Research Council). (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- NSTA (National Science Teachers Association). (1982). *Science-technology-society: Science education for the 1980s* (NSTA Position Statement). Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Ødegaard, M. (2001). *The drama of science education: How public understanding of biotechnology and drama as a learning activity*

- may enhance a critical and inclusive science education. Unpublished dissertation, University of Oslo.
- Orpwood, G.W.F., & Roberts, D.A. (1980). Science and society: Dimensions for science education for the '80s. *Orbit*, no. 51, 21-25.
- Oxford University Department of Educational Studies. (1989). *Enquiry into the attitudes of sixth-formers towards choice of science and technology courses in higher education*. Oxford, U.K.: Department of Educational Studies.
- Piel, E.J. (1981). Interaction of science, technology, and society in secondary school. In N.C. Harms & R.E. Yager (Eds.), *What research says to the science teacher*. Vol. 3. Washington, DC: National Science Teachers Association, pp. 94-112.
- Prat, A.B. (Ed.) (1990). *Scuola Scienza e Società*. Special issue of *La Fisica nella Scuola*, 23(3).
- Rip, A. (1979). The social context of 'science, technology and society' courses. *Studies in Higher Education*, 4, 15-26.
- Roberts, D.A. (1983). *Scientific literacy*. Ottawa: Science Council of Canada.
- Roberts, D.A. (1998, May). *Toward understanding how science teachers think about a new science curriculum policy*. A paper presented at the annual meeting of the Canadian Society for the Study of Education, Ottawa, Canada.
- Roberts, D.A., & Orpwood, G.W.F. (1979). *Properties of matter: A teacher's guide to alternative versions*. Toronto: OISE.
- Roy, R. (1984). *S-S/T/S project: Teach science via science, technology, and society material in the pre-college years*. University Park, PA: Pennsylvania State University.
- Roy, R. (2000). Real science education: Replacing "PCB" with S(cience) through-STs throughout all levels of K-12: "Materials" as one approach. In D.D. Kumar & D.E. Chubin (Eds.), *Science, technology, and society: A sourcebook on research and practice*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp. 9-19.
- Royal Ministry of Church, Education & Research. (1995). *Core Curriculum: For primary, secondary and adult education in Norway*. Oslo: Akiademika a/s.
- Rubba, P.A., & Wiesenmayer, R.L. (1985). A goal structure for precollege STS education: A proposal based upon recent literature in environmental education. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 5, 573-580.
- Ryder, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education*, 36, 1-42.
- Schroeder, D. (1972). *Physics and its fifth dimension: Society*. Don Mills, ON, Canada: Addison-Wesley.
- Sjøberg, S. (1997). Scientific literacy and school science: Arguments and second thoughts. In E. Kallerud & S. Sjøberg (Eds.), *Science, technology and citizenship: The public understanding of science and technology in science education and research policy*. Oslo: Norwegian Institute for Studies in Research and Higher Education, pp. 9-28.
- Solomon, J. (1983). *Science in a social context (SISCON)-in-schools*. Oxford: Basil Blackwell.
- Solomon, J. (1988). The dilemma of science, technology and society education. In P.J. Fensham (Ed.), *Development and dilemmas in science education*. New York: Falmer Press, pp. 266-281.
- Solomon, J. (1992). The classroom discussion of science-based social issues presented on television: Knowledge, attitudes and values. *International Journal of Science Education*, 14, 431-444.
- Solomon, J. (1993). *Teaching science, technology and society*. Buckingham, U.K.: Open University Press.
- Solomon, J. (1994). Conflict between mainstream science and STS in science education. In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, pp. 3-10.
- Solomon, J. (1996). STS in Britain: Science in a social context. In R.E. Yager (Ed.), *Science/technology/society as reform in science education*. Albany, NY: SUNY Press, pp. 241-248.
- Solomon, J., & Aikenhead, G.S. (Eds.) (1994). *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press.
- Spiegel-Rösing, I., & Price, D. (Eds.) (1977). *Science, technology and society: A cross-disciplinary perspective*. London: Sage Publications.
- Thier, H., & Nagle, B. (1994). Developing a model for issue-oriented science. In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, pp. 75-83.
- Tobias, S. (1990). *They're not dumb, they're different*. Tuscon, Arizona: Research Corporation.
- Watson, F.G. (1979, August). *Science education for survival*. Keynote address to the 1st IOSTE Symposium, Halifax, Canada.
- Welzel, M. & Roth, W-M. (1998). Do interviews really assess students' knowledge? *International Journal of Science Education*, 20, 25-44.
- Yager, R.E. (Ed.) (1992). *Status of STS: Reform efforts around the world* (1992 ICASE Yearbook). Knapp Hill, South Harting, Petersfield GU31 5LR, UK: ICASE.
- Yager, R.E. (1996a). History of science/technology/society as reform in the United States. In R.E. Yager (Ed.), *Science/technology/society as reform in science education*. Albany, NY: SUNY Press, pp. 3-15.
- Yager, R.E. (Ed.) (1996b). *Science/technology/society as reform in science education*. Albany, NY: SUNY Press.
- Yager, R.E., & Krajcik, J. (1989). Success of students in a college physics course with and without experiencing a high school course. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 599-608.
- Ziman, J. (1980). *Teaching and learning about science and society*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ziman, J. (1984). *An introduction to science studies: The philosophical and social aspects of science and technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ziman, J. (1994). The rationale for STS is in the approach. In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, pp. 21-31.
- Zoller, U. (1991). Teaching/learning styles, performance, and students' teaching evaluation in S/T/E/S-focused science teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 593-607.