

Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos

José Antonio López Cerezo (*)

(*) José A. López Cerezo es doctor en Filosofía por la Universidad de Valencia (España) y profesor de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Oviedo. Se ha dedicado al trabajo interdisciplinar sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad y es miembro de varios equipos de investigación. Además, ha participado como docente en diversas actividades convocadas por la OEI.

A modo de primera aproximación, los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, o estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad (CTS), constituyen hoy un vigoroso campo de trabajo donde se trata de entender el fenómeno científico-tecnológico en contexto social, tanto en relación con sus condicionantes sociales como en lo que atañe a sus consecuencias sociales y ambientales. El enfoque general es de carácter crítico, con respecto a la clásica visión esencialista y triunfalista de la ciencia y la tecnología, y también de carácter interdisciplinar, concurriendo en él disciplinas como la filosofía y la historia de la ciencia y la tecnología, la sociología del conocimiento científico, la teoría de la educación y la economía del cambio técnico.

CTS se origina hace tres décadas a partir de nuevas corrientes de investigación empírica en filosofía y sociología, y de un incremento en la sensibilidad social e institucional sobre la necesidad de una regulación pública del cambio científico-tecnológico. CTS define hoy un campo de trabajo bien consolidado institucionalmente en universidades, administraciones públicas y centros educativos de numerosos países industrializados. En el presente trabajo realizaré una aproximación a CTS como campo de trabajo internacional, comentando brevemente sus antecedentes, justificación y principales orientaciones, en particular en el ámbito de la educación.

1. ¿Qué es CTS?

Con frecuencia, las publicaciones populares reflejan bien las actitudes públicas. Un curioso personaje de la historieta *Tintín* es el profesor Tornasol. Su evolución a lo largo de los números de la historieta es también la evolución de la imagen pública sobre la relación entre ciencia, tecnología y sociedad. De inventor descuidado que producía artefactos no demasiado fiables, en publicaciones anteriores a la segunda guerra mundial, pasando por flamante físico nuclear que hace llegar un cohete a la Luna sólo para beneficio de la humanidad inmediatamente después de la guerra, hasta científico preocupado por el uso militar inadecuado de sus descubrimientos, en publicaciones de plena guerra fría. Ciertamente, en las últimas décadas ha cambiado notablemente el modo de entender y regular el cambio científico-tecnológico. Es en este contexto en el que surge el interés por estudiar y enseñar la dimensión social de la ciencia y la tecnología. La concepción clásica de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, todavía presente en buena medida en diversos ámbitos del mundo académico y en medios de divulgación, es una concepción esencialista y triunfalista. Puede resumirse en una simple ecuación:

+ ciencia = + tecnología = + riqueza = + bienestar social

Mediante la aplicación del método científico (como una suerte de combinación de razonamiento lógico y observación cuidadosa) y el acatamiento de un severo código de honestidad profesional, se espera que la ciencia produzca la acumulación de conocimiento objetivo acerca del mundo.

Ahora bien —se nos advierte en esta visión clásica—, la ciencia sólo puede contribuir al mayor bienestar social si se olvida de la sociedad para buscar exclusivamente la verdad (Maxwell, 1984). Análogamente, sólo es posible que la tecnología pueda actuar de cadena transmisora en la mejora social si se respeta su autonomía, si se olvida de la sociedad para atender únicamente a un criterio interno de eficacia técnica. Ciencia y tecnología son presentadas así como formas autónomas de la cultura, como actividades valorativamente neutrales, como una alianza heroica de conquista de la naturaleza (Echeverría, 1995; González García *et al.*, 1996).

La expresión política de esa autonomía, donde se señala que la gestión del cambio científico-tecnológico debe ser dejada en manos de los propios especialistas, es algo que tiene lugar después de la segunda guerra mundial, en una época de intenso optimismo acerca de las posibilidades de la ciencia-tecnología y de apoyo incondicional a la misma. La elaboración doctrinal de ese manifiesto de autonomía con respecto a la sociedad debe su origen a Vannevar Bush, un científico norteamericano involucrado en el *Proyecto Manhattan* para la construcción de la primera bomba atómica.

El mismo mes de la explosión de prueba en Nuevo México, julio de 1945, Bush entrega al presidente Truman el informe que Roosevelt le encargara un año antes: *Science - The Endless Frontier* («Ciencia: la frontera inalcanzable»). Este informe, que traza las líneas maestras de la futura política científico-tecnológica norteamericana, subraya el modelo lineal de desarrollo (el bienestar nacional depende de la financiación de la ciencia básica y el desarrollo sin interferencias de la tecnología) y la necesidad de mantener la autonomía de la ciencia para que el modelo funcione. El desarrollo tecnológico y el progreso social vendrían por añadidura. La ciencia y la tecnología, que estaban ayudando decisivamente a ganar la guerra mundial, ayudarían también a ganar la guerra fría. Los Estados industrializados occidentales, siguiendo el ejemplo de EEUU, se implicarían activamente en la financiación de la ciencia básica.

Sin embargo, mediada la década de los 50, hay indicios de que los acontecimientos no discurren de acuerdo con el prometedor modelo lineal unidireccional. Cuando en octubre de 1957 las pantallas de cine y televisión del planeta recogieron el pitido intermitente del *Sputnik*, un pequeño satélite del tamaño de un balón en órbita alrededor de la Tierra, el mensaje transmitido era muy claro en el mundo de la guerra fría: la Unión Soviética se hallaba en la vanguardia de la ciencia y la tecnología. Algo estaba fallando en el modelo lineal occidental de desarrollo científico-tecnológico (González García *et al.*, 1996; Sanmartín *et al.*, 1992).

Desde entonces, las cosas no hicieron más que empeorar, acumulándose una sucesión de desastres vinculados con el desarrollo científico-tecnológico: vertidos de residuos contaminantes, accidentes nucleares en reactores civiles y transportes militares, envenenamientos farmacéuticos, derramamientos de petróleo, etc. Todo esto no hizo sino confirmar la necesidad de revisar la política científico-tecnológica de cheque-en-blanco y, con ella, la concepción misma de la ciencia-tecnología y de su relación con la sociedad. Fue un sentimiento social y político de alerta, de corrección del optimismo de la posguerra, que culminó en el simbólico año de 1968 con el cenit del movimiento contracultural y de revueltas contra la guerra de Vietnam. Los movimientos sociales y políticos antisistema hicieron de la tecnología moderna y del Estado tecnocrático el blanco de su lucha.

No es sorprendente que el modelo político de gestión acabe transformándose para dar entrada a la regulación pública y a la rendición de cuentas: es el momento de revisión y corrección del modelo unidireccional como base para el diseño de la política científico-tecnológica. Estos años, finales de los 60 y principios de los 70, son también los años de la creación de la *Environmental Protection Agency* (Agencia de Protección Ambiental - 1969) y de la *Office of Technology Assessment* (Oficina de Evaluación de Tecnologías - 1972), ambas en EEUU, unas iniciativas pioneras del nuevo modelo político de gestión. La convulsión sociopolítica, como era de esperar, se ve reflejada en el ámbito del estudio académico y de la educación (Medina y Sanmartín, 1990).

El cambio académico de la imagen de la ciencia y la tecnología es un proceso que comienza en los años 70 y que hoy se halla en fase de intenso desarrollo. Se trata de los estudios CTS. La clave se encuentra en presentar la ciencia-tecnología no como un proceso o actividad autónoma que sigue una lógica interna de desarrollo en su funcionamiento óptimo, sino como un proceso o producto inherentemente social donde los elementos no técnicos (por ejemplo valores morales, convicciones religiosas, intereses profesionales, presiones económicas, etc.) desempeñan un papel decisivo en su génesis y consolidación. La complejidad de los problemas abordados y su flexibilidad interpretativa desde distintos marcos teóricos, hacen necesaria la presencia de esos elementos no técnicos bajo la forma de valores o de intereses contextuales. En otras palabras, el cambio científico-tecnológico no es visto como resultado de algo tan simple como una fuerza endógena, un método universal que garantice la objetividad de la ciencia y su acercamiento a la verdad, sino que constituye una compleja actividad humana, sin duda con un tremendo poder explicativo e instrumental, pero que tiene lugar en contextos sociopolíticos dados. En este sentido, el desarrollo científico-tecnológico no puede decirse que responda simplemente a cómo sea el mundo externo y el mundo de las necesidades sociales, pues esos mundos son en buena parte creados o interpretados mediante ese mismo desarrollo (Barnes, 1985; Latour, 1987).

A su vez, numerosos autores llaman la atención sobre las problemáticas consecuencias, de naturaleza ambiental y social, que tiene el actual y vertiginoso desarrollo científico-tecnológico, unas consecuencias sobre las que es necesario reflexionar y proponer líneas de acción. En el punto de mira de esas líneas se encontrarían problemas como el de la equidad en la distribución de costes ambientales de la innovación tecnológica (e.g. experimentación con organismos modificados genéticamente), el uso inapropiado de descubrimientos científicos (e.g. diferencias sexuales en tipos de conducta inteligente), las implicaciones éticas de algunas tecnologías (e.g. uso comercial de la información genética, madres de alquiler), la aceptación de los riesgos de otras tecnologías (e.g. energía nuclear, fertilizantes químicos), o incluso el cambio en la naturaleza del ejercicio del poder debido a la institucionalización actual del asesoramiento experto (problema de la tecnocracia) (Sanmartín, 1990; Winner, 1986).

En este sentido, dentro de los enfoques CTS es posible identificar dos grandes tradiciones, dependiendo de cómo se entienda la contextualización social de la ciencia-tecnología: una de origen europeo y otra norteamericana (González García *et al.*, 1996). Se trata de las dos lecturas más frecuentes del acrónimo inglés «STS», bien como *Science and Technology Studies*, bien como *Science, Technology and Society*. Por motivos que quedarán claros más adelante, son las conocidas irónicamente como «alta iglesia» y «baja iglesia», respectivamente (las etiquetas «eclesiásticas» son de Steve Fuller). La primera se origina en el llamado «programa fuerte» de la sociología del conocimiento científico, llevado a cabo en la década de los 70 por autores de la Universidad de Edimburgo como Barry Barnes, David Bloor o Steven Shapin. Esta tradición, que tiene como fuentes principales la sociología clásica del conocimiento y una interpretación radical de la obra de Thomas Kuhn, se ha centrado tradicionalmente en el estudio de los **antecedentes** o condicionantes sociales de la ciencia, y lo ha realizado sobre todo desde el marco de las ciencias sociales. Es, por tanto, una tradición de investigación académica más que educativa o divulgativa. Hoy existen diversos enfoques que hunden sus raíces en el programa fuerte, por ejemplo, el constructivismo social de H. Collins (con su Programa Empírico del Relativismo), la teoría de la red de actores de B. Latour, los estudios de reflexividad de S. Woolgar, etc. Desde los años 80, estos enfoques se han aplicado también al estudio de la tecnología como proceso social, donde destaca en especial el trabajo de W. Bijker y colaboradores (González García *et al.*, 1996).

Por su parte, la tradición norteamericana se ha centrado más bien en las **consecuencias** sociales (y ambientales) de los productos tecnológicos, descuidando en general los antecedentes sociales de tales productos. Se trata de una tradición mucho más activista y muy implicada en los movimientos de protesta social producidos durante los años 60 y 70. Desde un punto de vista académico, el marco de estudio está básicamente constituido por las humanidades (filosofía,

historia, teoría política, etc.), y la consolidación institucional de esta tradición se ha producido a través de la enseñanza y la reflexión política. Algunos autores destacados en esta línea de trabajo son Paul Durbin, Ivan Illich, Carl Mitcham, Kristin Shrader-Frechette o Langdon Winner. El movimiento pragmatista norteamericano y la obra de activistas ambientales y sociales como R. Carson o E. Schumacher son el punto de partida de este movimiento en los EEUU. A pesar de los intentos de colaboración, cada una de estas tradiciones sigue hoy contando con sus propios manuales, congresos, revistas, asociaciones, etc., con un éxito institucional parcial en el mejor de los casos (González García *et al.*, 1996).

No obstante, forzando la concurrencia entre esas dos tradiciones (o esbozando con diversos autores un cierto núcleo común), podríamos decir que, en la actualidad, los estudios CTS constituyen una diversidad de programas de colaboración multidisciplinar que, enfatizando la dimensión social de la ciencia y la tecnología, comparten: (a) el rechazo de la imagen de la ciencia como una actividad pura; (b) la crítica de la concepción de la tecnología como ciencia aplicada y neutral; y (c) la condena de la tecnocracia.

En este sentido, los estudios y programas CTS se han elaborado desde sus inicios en tres grandes direcciones:

- En el campo de la investigación, los estudios CTS se han adelantado como una alternativa a la reflexión tradicional en filosofía y sociología de la ciencia, promoviendo una nueva visión no esencialista y contextualizada de la actividad científica como proceso social. Contribuciones destacadas en este campo, con algunos títulos disponibles en castellano, son las de B. Barnes, W. Bijker, D. Bloor, H. Collins, B. Latour, A. Pickering, T. Pinch, S. Shapin y S. Woolgar. A su vez, algunas selecciones de lecturas son recogidas, por ejemplo, en Alonso *et al.* (1996); González García *et al.* (1997); e Iranzo *et al.* (1995).
- En el campo de las políticas públicas, los estudios CTS han defendido la regulación pública de la ciencia y la tecnología, promoviendo la creación de diversos mecanismos democráticos que faciliten la apertura de los procesos de toma de decisiones en cuestiones concernientes a políticas científico-tecnológicas. Diversos autores, con referencias incluidas en la bibliografía final, han destacado en este ámbito: P. Durbin, S. Carpenter, D. Fiorino, S. Krimsky, D. Nelkin, A. Rip, K. Shrader-Frechette, L. Winner y B. Wynne. Un panorama general puede encontrarse en Méndez Sanz y López Cerezo (1996).
- En el campo de la educación, esta nueva imagen de la ciencia y la tecnología en sociedad ha cristalizado en la aparición, en numerosos países, de programas y materiales CTS en enseñanza secundaria y universitaria.

A continuación nos detendremos con más detalle en este último campo de trabajo.

2. Educación CTS

El ámbito de la educación no ha sido ajeno a las corrientes de activismo social y de investigación académica que, desde finales de los 60, han reclamado una nueva forma de entender la ciencia-tecnología y una renegociación de sus relaciones con la sociedad. Esto ha producido, ya en los 70, la aparición de numerosas propuestas para llevar a cabo un planteamiento más crítico y contextualizado de la enseñanza de las ciencias y de los tópicos relacionados con la ciencia y la tecnología, tanto en enseñanza media como en enseñanza superior. Se trata de la educación CTS. En efecto, decíamos antes que dos objetivos principales de la investigación académica y de la política pública de inspiración CTS son, por un lado, la contextualización (desmitificación) de la ciencia y la tecnología, y, por otro, la promoción de la participación pública en contra de los estilos tecnocráticos de ordenamiento institucional. En este sentido, una forma de entender la educación CTS es como una aplicación de los puntos anteriores en el ámbito educativo, lo cual implica, por un lado, cambios en los contenidos de la enseñanza de la ciencia-tecnología, y, por otro, cambios metodológicos y actitudinales por parte de los grupos sociales involucrados en el

proceso de enseñanza-aprendizaje. Se trata de cambios que, en última instancia, tienen por objeto acercar las dos célebres culturas, la humanística y la científico-tecnológica, separadas tradicionalmente por un abismo de incompreensión y desprecio (Snow, 1964): alfabetizando en ciencia y tecnología a ciudadanos que sean capaces de tomar decisiones informadas, por una parte, y promoviendo el pensamiento crítico y la independencia intelectual en los expertos al servicio de la sociedad, por otra.

Todos los niveles educativos son apropiados para llevar a cabo esos cambios en contenidos y metodologías, aunque el mayor desarrollo de la educación CTS se ha producido hasta ahora en la enseñanza secundaria y en la enseñanza universitaria, mediante la elaboración de un gran número de programas docentes y un respetable volumen de materiales desde finales de los años 60. A ello ha contribuido el impulso proporcionado por la investigación académica y su aplicación institucional en las tradiciones europea y norteamericana, así como por organismos como la UNESCO y la OEI. En particular, en enseñanza secundaria dos asociaciones de profesores han tenido una importancia destacada en el impulso de CTS en este nivel educativo: la norteamericana Asociación Nacional de Profesores de Ciencias (*National Science Teachers Association*) y la británica Asociación para la Enseñanza de la Ciencia (*Association for Science Education*).

En general, cabe distinguir tres modalidades principales de CTS en la enseñanza de las ciencias y de las humanidades: CTS como añadido curricular; CTS como añadido de materias; y ciencia-tecnología a través de CTS (González García *et al.*, 1996; Sanmartín *et al.*, 1992). Para concretar la exposición, nos centraremos desde ahora en la educación secundaria.

3. CTS como añadido curricular

Esta primera opción consiste en completar el currículo tradicional con una materia de CTS pura, bajo la forma de asignatura optativa u obligatoria. Se trata, entonces, de introducir al estudiante en los problemas sociales, ambientales, éticos, culturales, etc., planteados por la ciencia y la tecnología a través de un curso monográfico. Este es el caso español, por ejemplo, de acuerdo con la reciente legislación educativa, la Ley Orgánica General de Ordenación del Sistema Educativo (LOGSE) y la Ley de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), tema que se comentará más adelante. Al concebir CTS como asignatura, y especialmente cuando constituye una materia común para estudiantes de diversas especialidades, tienden a predominar en ella los contenidos no técnicos. Es, por tanto, una opción docente para profesores de humanidades y ciencias sociales, que tenderán a enfatizar los aspectos filosóficos, históricos, sociológicos, etc., de las relaciones ciencia-sociedad.

El tipo de material docente para esta modalidad de la educación CTS puede adoptar la forma del clásico manual (con o sin guía didáctica), como ocurre hasta ahora en España con diversos manuales de educación CTS pura en secundaria (e.g. Abad Pascual *et al.*, 1997; Álvarez Palacios *et al.*, 1996; Quintanilla y Sánchez Ron, 1997), o bien estructurarse modularmente a partir de unidades cortas CTS que proporcionen una mayor flexibilidad al profesorado (y puedan además ser usadas en otras modalidades de educación CTS). Este último es el caso clásico de las unidades británicas *SISCON in Schools*, que constituyen una adaptación a la enseñanza secundaria de las unidades *SISCON (Science in Social Context-Ciencia en Contexto Social)* desarrolladas para el nivel universitario. Estas unidades abordan temas clásicos relacionados con la interacción ciencia/tecnología-sociedad, como, por ejemplo, la imagen pública de la ciencia, la bomba atómica, los problemas de la superpoblación o la destrucción de recursos no renovables, la neutralidad de la ciencia, la revolución copernicana, la evaluación de tecnologías, las repercusiones sociales de la biología, la dimensión económica del desarrollo científico-tecnológico, etc.

Los objetivos generales de esta modalidad educativa CTS son transmitir a estudiantes de diversas especialidades una conciencia crítica e informada sobre ciencia-tecnología, mostrando, por ejemplo, los límites ecológicos del desarrollo económico y tecnológico. El procedimiento habitual es reorientar estudios de base disciplinar en humanidades y ciencias sociales hacia los

aspectos sociales de la ciencia y la tecnología. Respecto a las ventajas de esta opción educativa, destaca la facilidad para incluir contenidos CTS de la tradición europea, tras una necesaria capacitación del profesorado (posibilidad que, por ejemplo, ofrecen las unidades SISCON); además, el cambio curricular no es costoso. Otra cuestión es el tema de formación del profesorado, que puede requerir un esfuerzo importante. El principal riesgo de esta modalidad es la disonancia curricular entre materias: que la concepción general y los contenidos de ciencia y tecnología transmitidos por la asignatura CTS sean muy diferentes de los transmitidos por asignaturas de ciencias tradicionales impartidos por profesores con puntos de vista tradicionales.

4. CTS como añadido de materias

La segunda posibilidad consiste en completar los temas tradicionales de la enseñanza de las ciencias particulares con añadidos CTS al final de los temarios correspondientes, o intercalando de algún otro modo los contenidos CTS. Esta alternativa de concebir CTS como un eje transversal también ha sido adoptada mediante la LOGSE en la enseñanza media española, a través de la inclusión de algunos contenidos CTS en asignaturas de ciencias de la ESO. Con este formato curricular para CTS tenderán lógicamente a predominar los contenidos técnicos y, por tanto, la docencia se verá restringida a los profesores de ciencias.

El tipo de material docente apropiado para esta modalidad educativa es el de las unidades cortas CTS, a las que suele acompañar una guía para el profesor. En este sentido destacan proyectos como «Ciencia a través de Europa», una iniciativa para la difusión educativa CTS mediante la colaboración de escuelas europeas (que ha sido imitada en EEUU y el Pacífico asiático), y, especialmente, la experiencia clásica de las unidades SATIS (*Science and Technology in Society* - Ciencia y Tecnología en Sociedad), 370 unidades cortas desarrolladas en el Reino Unido por profesores de ciencias para los grupos de edad 8-14, 14-16 y 16-19 años. Algunos ejemplos de unidades SATIS 14-16 son:

- ¿Qué hay en nuestros alimentos? Una mirada a sus etiquetas.
- Beber alcohol.
- El uso de la radiactividad.
- Los niños probeta.
- Gafas y lentes de contacto.
- Productos químicos derivados de la sal.
- El reciclaje del aluminio.
- La etiqueta al dorso: una mirada a las fibras textiles.
- La lluvia ácida.
- SIDA.
- 220 V. pueden matar.

Como puede verse, estas unidades recogen temáticas muy diversas con un punto en común: el estudio de procesos o de artefactos científico-tecnológicos con repercusión social (véase VV.AA., 1995). Destaca en esta iniciativa la ausencia de *copyright* para facilitar la difusión de los materiales.

El objetivo general de esta modalidad educativa es concienciar a los estudiantes sobre las consecuencias sociales y ambientales de la ciencia y la tecnología. Su ventaja más llamativa es que hace más interesantes los temas puramente científicos y, por ello, proporciona un estímulo importante para el estudio de la ciencia y la formación de vocaciones. Otra ventaja es que el

cambio curricular no es costoso, aunque sí menos sencillo que en la opción anterior. Además, dado que tienden a excluirse contenidos CTS de la tradición europea y a que suelen predominar los contenidos técnicos, no requiere una capacitación CTS especial por parte del profesorado. El riesgo obvio, dado lo anterior, es la omisión de los contenidos específicos CTS o la conversión de éstos en un añadido decorativo.

5. Ciencia y tecnología a través de CTS

Una tercera y más infrecuente opción consiste en reconstruir los contenidos de la enseñanza de la ciencia y la tecnología a través de una óptica CTS. En asignaturas aisladas, o bien por medio de cursos científicos pluridisciplinares, se funden los contenidos técnicos y CTS de acuerdo con la exposición y discusión de problemas sociales dados. Es, por tanto, una modalidad para el profesorado de ciencias. El formato estándar de presentación de contenidos en esta opción es, en primer lugar, tomar un problema importante relacionado con los roles futuros del estudiante (ciudadano, profesional, consumidor, etc.) y, en segundo lugar, sobre dicha base se selecciona y estructura el conocimiento científico-tecnológico necesario para que el estudiante pueda entender un artefacto, tomar una decisión o entender un problema social relacionado con la ciencia-tecnología.

Un ejemplo clásico es el programa neerlandés PLON (*Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde* - Proyecto de Desarrollo Curricular en Física). Coordinado desde la Universidad Pública de Utrecht, las unidades en que se articula este programa presentan los conceptos y contenidos tradicionales de la física, al hilo de la discusión de problemas científico-tecnológicos con relevancia social. Algunos ejemplos de unidades PLON 13-17 años, a las que acompaña una guía del profesor, son:

- Hielo, agua, vapor.
- Puentes.
- Agua para Tanzania.
- La energía en nuestros hogares.
- Tráfico y seguridad.
- Calentando y aislando.
- Máquinas y energía.
- Armas nucleares y seguridad.
- Radiaciones ionizantes.

Otro ejemplo en el ámbito de la química es el proyecto APQUA (Aprendizaje de Productos Químicos, sus usos y aplicaciones), desarrollado por profesores de la Universidad española Rovira i Virgili en coordinación con un proyecto análogo de la Universidad de California. Está organizado mediante unidades y módulos. Un ejemplo de unidad es *El riesgo y la gestión de los productos químicos*, compuesto por los módulos «Riesgo: el juego de la vida», «Toxicología: determinación de los valores umbral» y «Tratamiento de residuos industriales». El proyecto, que ha conseguido cierta difusión en centros educativos españoles, trata de proporcionar contenidos científicos y habilidades en resolución de problemas para que los estudiantes desarrollen capacidades de comprensión y crítica sobre temas científicos.

Como resulta ya evidente, el objetivo general de esta opción educativa es capacitar al estudiante en el uso y comprensión de conceptos científicos, a la vez que se le explica la utilidad y problemática social que puede tener una parte de la física, la química, etc. La ventaja más clara de esta opción es su facilidad para suscitar interés en el estudiante por la ciencia, facilitando el

aprendizaje de ésta. De ese modo, los alumnos con problemas en asignaturas de ciencias tienen más facilidades educativas. Además, dicha opción promueve una cierta conciencia social en los estudiantes y fomenta el sentido de la responsabilidad. Pero también esta tercera alternativa, siendo la más consecuente con los planteamientos CTS, es la más costosa en muchos sentidos. Ante todo, en sus modalidades de implantación más globales, supondría poner el currículo patas arriba, transgrediendo la docencia compartimentalizada mediante las tradicionales fronteras disciplinares. Además, requeriría un considerable esfuerzo en reciclaje del profesorado, reformas en la planificación didáctica, etc.

Tenemos así tres modalidades generales de implantación de la educación CTS en la enseñanza secundaria, modalidades no excluyentes, como muestra el caso español. Cada una de ellas contiene diferentes tipos de materiales docentes, distintas necesidades de formación del profesorado y, en general, diferentes ventajas e inconvenientes. Pero algo muy importante en común: la motivación del alumno y el estímulo de vocaciones en ciencias.

A este respecto deben subrayarse los estudios llevados a cabo por Robert Yager y diversos colaboradores de la norteamericana NSTA (Asociación Nacional de Profesores de Ciencias). Son estudios empíricos realizados sobre escolares de enseñanza media que habían recibido una educación en ciencias con orientación CTS. En estos estudios, al contrario de lo que ingenuamente cabría esperar, no se ve un aumento del desinterés y el escepticismo respecto a las ciencias por parte de los escolares, sino todo lo contrario: una mejora en la creatividad y en la comprensión de conceptos científicos, así como una mayor inclinación hacia el aprendizaje de la ciencia (Aikenhead, 1986; McComas *et al.*, 1992; Rubba y Wiesenmayer, 1993; Solomon y Aikenhead, 1994; Waks, 1992 y 1993; Yager, 1992 y 1993). Estos resultados son de la mayor importancia y, en parte, han sido respaldados por investigaciones independientes realizadas en España (VV.AA., 1995). La crítica social no produce menosprecio sino más bien interés y compromiso (Sanmartín y Hronszky, 1994).

6. El caso de España

A modo de ilustración sobre los problemas específicos que pueden surgir en la implantación real de la educación CTS podemos detenernos en el caso particular de España. La materia CTS es de especial actualidad en este país, al haber sido recientemente introducida por el Ministerio de Educación y Cultura como asignatura optativa en todos los bachilleratos de la LOGSE (tramo 16-18 años) y haberse constituido en añadido transversal para asignaturas de ciencias de la ESO —tramo 14-16 años— (e.g. «Biología», «Física» o «Química», en 2º del nuevo bachillerato —Boletín Oficial del Estado, BOE, 21-10-92—). Este ha sido el detonante para el reciclaje de numerosos profesores de la enseñanza secundaria y también de la universidad. De hecho, la aparición de CTS en la LOGSE ha supuesto un crecimiento exponencial del número de investigadores interesados en CTS, así como de programas docentes organizados en o desde la universidad. En la visión tradicional de la educación deberíamos decir que, en España, CTS se ha construido empezando por el tejado, lo cual no tiene por qué ser negativo, especialmente si uno no cree en la visión tradicional de la innovación educativa (como un proceso que depende, de suyo, de la actividad investigadora en la universidad). Depende, entre otras cosas, de los materiales y de la solidez de ese tejado, de si puede hacer las veces de cimiento firme para el edificio CTS. Veamos.

La asignatura CTS en España se divide oficialmente en cinco bloques (BOE, 29-1-93):

- ciencia, técnica y tecnología: perspectiva histórica;
- el sistema tecnológico;
- repercusiones sociales del desarrollo científico y técnico;
- el control social de la actividad científica y tecnológica; y

- el desarrollo científico y tecnológico: reflexiones filosóficas.

En el primer bloque, el de la perspectiva histórica, se abordan el origen del pensamiento científico, el papel de la tecnología en la revolución industrial y el papel de la técnica en el proceso de hominización. El segundo, el sistema tecnológico, se ocupa de los componentes de ese sistema: conocimiento, recursos técnicos, capital y contexto social. El tercer bloque, repercusiones sociales, se centra en los distintos tipos de consecuencias sociales y ambientales del desarrollo científico-tecnológico: económicas, demográficas, reducción de la biodiversidad, etc. El problema de la regulación pública del cambio científico-tecnológico, con temas como el de la evaluación de tecnologías o el control de mercado, se aborda en el bloque cuarto. Y, por último, en el quinto se plantean diversos problemas éticos, estéticos y, en general, filosóficos, sobre la moderna «cultura tecnológica».

Lo primero que destaca en la concepción sobre CTS del Ministerio de Educación y Cultura español es su focalización en tradicionales cuestiones «externas» relativas a la ciencia-tecnología, cuestiones como el nacimiento del método científico o la cantidad y calidad de recursos técnicos que pueden ser perfectamente tratadas (y que posiblemente tenderán a serlo dados los materiales actualmente disponibles) sin el menor atisbo de un punto de vista crítico o interdisciplinar. Este es el caso de los tres primeros bloques de la asignatura CTS. En segundo lugar, también es notable la ausencia general de la que hemos llamado «alta iglesia», curiosamente la tradición de la que procede la respetabilidad académica de los nuevos estudios CTS. Las cuestiones más susceptibles de un tratamiento crítico son planteadas centrando el análisis más en las consecuencias que en los antecedentes sociales. No obstante, dentro de la restringida libertad de organización de materiales y contenidos que permite el corsé del BOE, posiblemente los bloques segundo y tercero sean los más apropiados para introducir la dimensión social antecedente del cambio científico-tecnológico. Entre los textos más idóneos para este propósito se encuentran los libros de Barnes (1982 y 1985), Collins y Pinch (1993), Latour (1987), Latour y Woolgar (1979/1986) y Woolgar (1988), además de las compilaciones de González García *et al.* (1997) e Iranzo *et al.* (1995). En particular, los de Barnes (1985) y Collins y Pinch (1993) son textos realizados para la divulgación de resultados de esta orientación CTS.

7. Algunas orientaciones bibliográficas

En general, una forma de evitar en cualquier bloque o sección la transformación de CTS en una exposición analítica de contenidos desvinculados de la vida cotidiana, y estimular el interés y la participación activa de los estudiantes, es evitar las largas y tediosas introducciones históricas y las exposiciones exegéticas, tratando de articular la discusión sobre la base de ejemplos concretos. A este respecto, ya existe suficiente literatura en castellano para desarrollar temas como el de las nuevas tecnologías de la información (e.g. Bustamante, 1993; Echeverría, 1994; Postman, 1992; Roszak, 1986; Sanmartín, 1990); la energía nuclear y fuentes alternativas de energía (e.g. Dickson, 1973; Puig y Corominas, 1990; Schumacher, 1973; Shrader-Frechette, 1980); la biotecnología y la reproducción artificial (e.g. Moreno *et al.*, 1992; Muñoz, 1992; Sanmartín, 1987; Suzuki y Knutson, 1990); Testart, 1986; VV.AA., 1991; las teorías y tecnologías de la inteligencia humana (e.g. González García *et al.*, 1996; Gould, 1981; Lewontin *et al.*, 1984; López Cerezo y Luján, 1989; VV.AA., 1977); o cualquiera de los casos de estudio incluidos en Álvarez Revilla *et al.* (1996), Iranzo *et al.* (1995), Latour y Woolgar (1979/1986) o Solís (1994). Un contrapunto feminista, como el ofrecido por la obra de Keller, Haraway, Harding y otras autoras del campo de «estudios de la mujer», es siempre un estímulo añadido.

8. La metodología de la educación CTS

Para concluir, y volviendo a la discusión general, es importante una breve reflexión respecto a la metodología de la educación CTS, cuya necesidad de cambio era apuntada al principio de la sección. No puede pretenderse una renovación crítica de la enseñanza restringiendo tal cambio solamente a los contenidos. Ya ha sido señalado que los programas educativos CTS tratan de

llevar a la práctica dos importantes objetivos de la investigación académica CTS: la contextualización social del conocimiento experto (desmitificación de la ciencia, problematización de la tecnología) y la consecuente promoción de la participación pública en la toma de decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología. El significado práctico de estos objetivos, en el ámbito educativo, involucra entonces el abandono del papel del profesor como metaexperto o como mediador autorizado y privilegiado del conocimiento experto, por un lado, y el estímulo de la participación crítica y creativa de los estudiantes en la organización y desarrollo de la docencia, por otro (López Cerezo, 1994; González García *et al.*, 1996). No podemos señalar los valores e intereses que están presentes en el cambio científico-tecnológico, reproduciendo en el aula (a través de la relación uno-muchos/arriba-abajo) los estilos tecnocráticos de distribución de autoridad que caracterizan tradicionalmente la relación ciencia-sociedad. La actitud crítica y participativa debería entonces ser reflexiva y alcanzar a la propia metodología docente y a las técnicas didácticas. Es un reto abierto que requiere apoyo institucional y en el que, sin duda, los docentes en servicio tienen mucho que decir.

9. Silogismo CTS: dos tradiciones complementarias

Los cambios educativos comentados antes se fundamentan, por supuesto, en la nueva forma de entender la ciencia y la tecnología desarrollada por los enfoques CTS. Sin embargo, como hemos mencionado al principio, esos enfoques no constituyen un campo de trabajo homogéneo por la existencia de dos grandes tradiciones: la europea y la norteamericana. En principio, este hecho puede constituir un problema. No obstante, y a pesar de las diferencias de estilo y de contenidos, esas dos tradiciones CTS, debido a la diversidad de sus perspectivas y ámbitos de trabajo (investigación académica, por un lado; política y educación, por otro), puede decirse que constituyen elementos complementarios de una visión crítica de la ciencia y la tecnología, como muestra y resume el llamado «silogismo CTS»:

- El desarrollo científico-tecnológico es un proceso conformado por factores culturales, políticos y económicos, además de epistémicos. Se trata de valores e intereses que hacen de la ciencia y la tecnología un proceso social.
- El cambio científico-tecnológico es un factor determinante que contribuye a modelar nuestras formas de vida y nuestro ordenamiento institucional. Constituye un asunto público de primera magnitud.
- Compartimos un compromiso democrático básico.
- Por tanto, deberíamos promover la evaluación y control social del desarrollo científico-tecnológico, lo cual significa construir las bases educativas para una participación social formada, así como crear los mecanismos institucionales para hacer posible tal participación (González García *et al.*, 1996).

Mientras la primera premisa resume los resultados de la investigación académica en la tradición CTS de origen europeo —donde la ciencia-tecnología es concebida básicamente como un proceso social—, la segunda recoge los resultados de la tradición norteamericana, destacando el carácter social de los productos científico-tecnológicos. La naturaleza valorativa de la tercera premisa justifica el «deberíamos» de la conclusión. Se trata, en suma, de desmitificar la ciencia y la tecnología situándolas en el contexto social en el que se desarrollan, mostrando los valores, intereses e impactos sociales que hacen de la ciencia y la tecnología una actividad terrenal que va más allá de la mera búsqueda de conocimiento. Es sólo un primer paso que, como ha sido indicado, debe ir acompañado de la acción política y educativa. No se trata, sin embargo, de proponer una romántica vuelta a la naturaleza primigenia. No podemos hacerlo ni probablemente nos gustaría prescindir de vacunas o de electricidad. Desmitificar no es descalificar sino situar las cosas en el lugar que les corresponde: mostrar las limitaciones y servidumbres de la ciencia-

tecnología, ni más ni menos que como cualquier otra actividad humana, lo cual es mejor para la sociedad y también para la ciencia (Barnes, 1982; Lamo de Espinosa *et al.*, 1994).

A este respecto, el propósito de la Unidad de Estudios de la Ciencia en la Universidad de Edimburgo de los años 70, con autores como B. Barnes y D. Bloor, no era realizar una crítica radical de la ciencia que mostrase a ésta, digamos, como una forma más de «falsa conciencia», como tampoco se trata de prescindir de la ciencia en los recientes modelos participativos de evaluación de tecnologías o de impacto ambiental propuestos por autores como A. Rip o J. Sanmartín. S. Fuller (1995) hace uso de una analogía para ilustrar esta situación de «crítica correctiva y constructiva», recordando la crítica histórico-teológica del siglo XIX llevada a cabo por los «jóvenes hegelianos». Mediante la desmitificación y naturalización del mito evangélico de Jesús, estos teólogos trataban de extender la ilustración a la religión e intentaban liberar la espiritualidad genuina de las cadenas de la superstición. Gotthold E. Lessing adopta esta actitud hacia finales del pasado siglo, al tener que defenderse frente a la censura religiosa: ¡qué mejor prueba de fe que continuar creyendo tras haber desmantelado la parafernalia idólatra que acompaña tradicionalmente a la fe!

10. Reflexión final

Una pequeña reflexión final puede ejemplificar la importancia de combinar los temas y enfoques de las dos grandes tradiciones CTS, una combinación que mejoraría las relaciones ciencia-sociedad y que podría mejorar la propia ciencia-tecnología. Se trata de un ejemplo de análisis CTS, más cercano quizás a la baja que a la alta iglesia, desarrollado básicamente a partir de la crítica de Dyson (1997) del divorcio ciencia-sociedad. Es un ejemplo provocador que puede mostrar mucho mejor que las palabras generales la importancia y el horizonte de los temas y problemas CTS.

Godfrey Hardy, el gran matemático inglés de la primera mitad de siglo, muy conocido por sus contribuciones a la teoría de números primos, escribía sobre la ciencia de su época a principios de la segunda guerra mundial:

«Una ciencia es considerada útil si su desarrollo tiende a acentuar las desigualdades existentes en la distribución de la riqueza, o bien, de un modo más directo, fomenta la destrucción de la vida humana» (1940: 118).

Hardy repite una idea que ya había expuesto por escrito a principios de la guerra anterior, la Gran Guerra. Son palabras muy duras que podemos encontrar en su libro *Autojustificación de un matemático*, donde se vanagloria de haber dedicado su vida a la creación de un arte abstracto inútil, la matemática pura, una dedicación por completo «inocua e inocente». Y, como repite Hardy haciéndose eco de Gauss, la teoría de números a la que dedicó buena parte de su trabajo es, a causa de su suprema inutilidad, la reina de las matemáticas.

Es verdad que Hardy escribió esas palabras en medio de una guerra, una guerra en la que se produjeron innovaciones como el radar o los ordenadores electrónicos, e incluso en la que la teoría de la relatividad acabó aplicándose en la construcción de la bomba atómica (una teoría que Hardy calificó de «casi tan inútil» como la teoría de números - págs. 128, 135). Sin embargo, si nos detenemos a reflexionar sobre la ciencia y la tecnología de la segunda mitad de siglo, sus palabras, como señala Freeman Dyson, un científico pionero en la aplicación de la energía nuclear en medicina del Institute for Advanced Study de Princeton, tienen, por desgracia, una mayor actualidad que la que quizás nos gustaría reconocer (Dyson, 1997).

La ciencia y la tecnología actuales no suelen actuar como agentes niveladores, tal como hicieron otras innovaciones del pasado como la radio o los antibióticos, sino que tienden más bien a hacer a los ricos más ricos y a los pobres más pobres, acentuando la desigual distribución de la riqueza entre clases sociales y entre naciones. Sólo una pequeña parte de la humanidad puede permitirse el lujo de un teléfono móvil, un ordenador conectado a Internet o simplemente viajar en avión. Y, como dice Ivan Illich (1974), cada vez que alguien toma un avión, ahorrando tiempo y derrochando energía, obliga a otros muchos a caminar, cuando no es esa misma ciencia y

tecnología la que destruye de un modo más directo la vida humana o la naturaleza, como ocurre con tantos ejemplos familiares. Las tecnologías armamentísticas siguen siendo tan rentables como en tiempos de la guerra fría. La ciencia y la tecnología actuales son muy eficaces; el problema está en si sus objetivos son socialmente valiosos.

¿Qué ocurre con la ciencia y la tecnología actuales? ¿Qué ha pasado en los últimos 40 años? En este tiempo, señala Dyson (1997), los mayores esfuerzos en investigación básica se han concentrado en campos muy esotéricos, demasiado alejados de los problemas sociales cotidianos. Ciencias como la física de partículas y la astronomía extragaláctica han perdido de vista las necesidades sociales y se han convertido en una actividad para iniciados, que sólo produce bienestar social para los propios científicos. Se trata, no obstante, de líneas de investigación que, por la infraestructura material o por los grandes equipos humanos requeridos, consumen un ingente volumen de recursos públicos.

A su vez, la ciencia aplicada y la tecnología actuales están en general demasiado vinculadas al beneficio inmediato, al servicio de los ricos o de los gobiernos poderosos, por decirlo de un modo claro. Sólo una pequeña parte de la humanidad puede permitirse sus servicios e innovaciones. Podemos preguntarnos cómo van a ayudarnos cosas como los aviones supersónicos, la cibernética, la televisión de alta definición o la fertilización *in vitro*, a resolver los grandes problemas sociales que tiene planteada la humanidad: comida fácil de producir, casas baratas, atención médica y educación accesible.

No debemos olvidar, para completar este negro panorama, campos científico-tecnológicos tan problemáticos como la energía nuclear o la biotecnología, denunciados no sólo por su aplicación militar sino también por su peligrosidad social y ambiental, e incluso, como en el caso de las técnicas de diagnóstico génico, por su uso como instrumento de discriminación social en el ámbito laboral y de compañías aseguradoras (Sanmartín *et al.*, 1992). Prometen no sólo no resolver los grandes problemas sociales, sino también crear más y nuevos problemas.

El problema de base, como señala Freeman Dyson (1997), es que las comisiones donde se toman las decisiones de política científica o tecnológica sólo están constituidas por científicos u hombres de negocios. Unos apoyan los campos de moda, cada vez más alejados de lo que podemos ver, tocar o comer; y otros, como no podía ser menos, la rentabilidad económica. Al mismo tiempo, se movilizan los recursos retóricos de la divulgación tradicional de la ciencia en periódicos, museos y escuelas, para vender una imagen esencialista y benemérita de la ciencia asociada al eslogan «admírame (y finánciame) y no me toques».

La cuestión, por tanto, no consiste en entrar en los laboratorios y decir a los científicos qué tienen que hacer, sino en contemplarlos y asumirlos tal como son, como seres humanos con razones e intereses, para abrir entonces a la sociedad **los despachos** contiguos donde se discuten y deciden los problemas y prioridades de investigación, donde se establece la localización de los recursos. El desafío de nuestro tiempo es abrir esos despachos, esas comisiones, a la comprensión y a la participación pública. Abrir, en suma, la ciencia a la luz pública y a la ética.

Este es el nuevo contrato social que es necesario en el mundo contemporáneo, el objeto de la renegociación de las relaciones entre ciencia y sociedad: ajustar la ciencia y la tecnología a los estándares éticos que ya gobiernan otras actividades sociales, i.e. democratizarlas, para estar entonces en condiciones de cambiar sus prioridades y objetivos, reorientándolos hacia las auténticas necesidades sociales, hacia la gente y las naciones más pobres y necesitadas.

Para ello precisamos fomentar también una revisión epistemológica de la naturaleza de la ciencia y la tecnología: abrir la caja negra de la ciencia al conocimiento público, desmitificando su tradicional imagen esencialista y filantrópica, y cuestionando también el llamado «mito de la máquina» (en palabras de L. Mumford), es decir, la interesada creencia de que la tecnología es inevitable y benefactora en última instancia. Como añade Dyson (1997: 48), haciéndose eco de Haldane y Einstein, el progreso ético (y también epistemológico, debemos decir) es, en última instancia, la única solución para los problemas causados por el progreso científico y tecnológico.

Precisamente esas dos dimensiones, ética y epistemológica, un cambio en los valores y una mejor comprensión de la ciencia y la tecnología, son el corazón académico de las que hemos llamado tradiciones norteamericana y europea en los estudios CTS. Profundizar en ellas desde esas dos perspectivas complementarias es el desafío de este nuevo campo de trabajo. Un reto que no va contra la ciencia sino a favor de ella, de una ciencia realista y socialmente comprometida, de una ciencia en alianza con la tecnología que no se limita a acumular conocimiento y avanzar siempre un paso más, sin importar en qué dirección. Lo que distingue al hombre instruido del hombre sabio es que éste, a diferencia de aquél, es consciente de sus limitaciones y pone el conocimiento al servicio de sus valores.

Bibliografía

(•) Lecturas recomendadas en castellano

(+) Lecturas recomendadas en inglés

- ABAD PASCUAL, J.J.; GARCÍA GUTIÉRREZ, A.M., y SANGÜESA ORTÍ, J.: *Ciencia, tecnología y sociedad*, Guía didáctica y manual de educación secundaria, Madrid, McGraw-Hill, 1997.
- AGAZZI, E. (1992/1996): *El bien, el mal y la ciencia. Las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica*, edición de R. Queraltó, Madrid, Tecnos, 1996.
- + AICHHOLZER, G. y SCHIENSTOCK, G. (eds.): *Technology Policy: Towards an Integration of Social and Ecological Concerns*, Berlín-Nueva York, De Gruyter, 1994.
- AIKENHEAD, G.S. (1986): «The Content of STS Education», en: *Thirunarayanan* (1992).
- ALONSO, A.; AYESTARÁN, I., y URSÚA, N., *Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Estella, EVD, 1996.
- ÁLVAREZ PALACIOS, F.; FERNÁNDEZ-POSSE OTERO, G., y RISTORI GARCÍA, T.: *Ciencia, tecnología y sociedad*, manual de educación secundaria, Madrid, Ediciones Laberinto, 1996.
- ÁLVAREZ REVILLA, A.; MARTÍNEZ MÁRQUEZ, A., y MÉNDEZ, R.: *Tecnología en acción*, Barcelona, Rap, 1993.
- + BARNES, B.: *Scientific Knowledge and Sociological Theory*, Londres, Routledge, 1974.
- BARNES, B. (1982): *Kuhn y las ciencias sociales*, México, FCE, 1986.
- BARNES, B. (1985): *Sobre ciencia*, Barcelona, Labor, 1987.
- + BARNES, B.; BLOOR, D., y HENRY, J.: *Scientific Knowledge: A Sociological Analysis*, Londres, Athlone, 1996.
- BASALLA, G. (1998): *La evolución de la tecnología*, Barcelona, Crítica, 1991.
- BECK, U. (1986): *La sociedad del riesgo*, Barcelona, Paidós, 1998.
- BERNAL, J. (1964/1967): *Historia social de la ciencia*, 2 vols., 3ª ed., Barcelona, Península.
- + BIJKER, W.: *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1995.
- + BIJKER, W.E.; HUGHES, T.P., y PINCH, T. (eds.): *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1987.
- + BIJKER, W.E. y LAW, J. (eds.): *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Change*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1992.
- BIRKE, L. et al.: *El niño del mañana: tecnologías reproductoras en los años 90*, Barcelona, Pomares-Corredor, 1992.
- + • BLOOR, D. (1976/1992): *Knowledge and Social Imagery*, 2ª ed., Chicago, The Chicago University Press (Hay traducción en castellano de Gedisa, Barcelona), 1998.
- BORRILLO, D. (ed.): *Genes en el estrado*, Madrid, CSIC, 1996.
- BRAUN, E. (1984): *Tecnología rebelde*, Madrid, Tecnos/Fundesco, 1986.
- BRONCANO, F. (de): *Nuevas meditaciones sobre la técnica*, Madrid, Trotta, 1995.
- BUSTAMANTE, J.: *Sociedad informatizada, ¿sociedad deshumanizada?*, Madrid, Gaia, 1993.
- CARDWELL, D. (1994): *Historia de la tecnología*, Madrid, Alianza, 1996.

- + CARPENTER, S.R.: "Philosophical Issues in Technology Assessment", *Philosophy of Science*, 44: 574-593, 1997.
- CARSON, R. (1962): *La primavera silenciosa*, Barcelona, Grijalbo, 1980.
- + CHALK, R.: *Science, Technology, and Society: Emerging Relationships*, Washington, D.C., American Association for the Advancement of Science, 1988.
- + COLLINGRIDGE, D.: *The Social Control of Technology*, Londres, Frances Pinter, 1980.
- + COLLINGRIDGE, D. y REEVE, C.: *Science Speaks to Power: The Role of Experts in Policymaking*, Londres, Frances Pinter, 1986.
- + COLLINS, H.M.: «Stages in the Empirical Programme of Relativism», *Social Studies of Science* 11: 3-10, 1981.
- + COLLINS, H.M.: *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, 2ª ed., Chicago, University of Chicago Press, 1985/1992.
- + COLLINS, H.M.: *Artificial Experts: Social Knowledge and Intelligent Machines*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1990.
- COLLINS, H.M. y PINCH, T. (1993): *El gólem: lo que todos deberíamos saber acerca de la ciencia*, Barcelona, Crítica, 1996.
- CORIAT, B. (1979): *El taller y el cronómetro: ensayo sobre el taylorismo, el fordismo y la producción en masa*, Madrid, Siglo XXI, 1991.
- DERRY, T.K. y WILLIAMS, T.I. (1960-1982): *Historia de la tecnología*, 5 vols., Madrid, Siglo XXI, 1977-1987.
- DICKSON, D. (1973): *Tecnología alternativa*, Barcelona, Orbis, 1985.
- + DURBIN, P.T. (ed.): *A Guide to the Culture of Science, Technology, and Medicine*, Nueva York, Free Press, 1980.
- + DURBIN, P.T. (ed.): *Technology and Responsibility*, Dordrecht, Reidel, 1987.
- + DYSON, F.: "Can Science be Ethical?", *The New York Review of Books* XLIV/6: 46-49, 1997.
- ECHEVERRÍA, J.: *Telépolis*, Destino, 1994.
- ECHEVERRÍA, J.: *Filosofía de la ciencia*, Madrid, Akal, 1995.
- ELLIOT, D. y R. (1976): *El control popular de la tecnología*, Barcelona, Gustavo Gili, 1980.
- ELLUL, J.: *El siglo XX y la técnica*, Barcelona, Labor, 1954.
- ELSTER, J.(1983): *El cambio tecnológico*, Barcelona, Gedisa, 1990.
- FEYERABEND, P.K. (1978): *La ciencia en una sociedad libre*, Madrid, Siglo XXI, 1982.
- + FIORINO, D.J.: «Regulatory Negotiation as a Policy Process», *Public Administration Review* 48: 764-772, 1988.
- + FIORINO, D.J.: «Citizen Participation and Environmental Risk: A Survey of Institutional Mechanisms», *Science, Technology, and Human Values* 15/2: 226-243, 1990.
- FORMAN, P. (1971): *Cultura en Weimar, causalidad y teoría cuántica 1918-1927*, Madrid, Alianza, 1984.
- FOUCAULT, M. (1981): *Tecnologías del yo y otros textos afines*, Barcelona, Paidós, 1990.
- + FULLER, S.: «On the Motives for the New Sociology of Science», *History of the Human Sciences* 8/2: 117-124, 1995.
- + FUNTOWICZ, S.O. y RAVETZ, J.R.: *Uncertainty and Quality in Science for Policy*, Dordrecht, Reidel, 1990.
- GIBBONS, M. et al. (1994): *La nueva producción del conocimiento: la dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*, Pomares-Corredor, 1997.
- GONZÁLEZ DE LA FE, T.: (coord.) Número Monográfico sobre «Sociología de la Ciencia», *Revista Internacional de Sociología* 4, CSIC (enero-abril), (Instituto de Estudios Sociales Avanzados), Madrid, 1993.
- GONZÁLEZ GARCÍA, M.; LÓPEZ CEREZO, J.A., y LUJÁN, J.L.: *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Tecnos, 1996.

- GONZÁLEZ GARCÍA, M.; LÓPEZ CERREZO, J.A., y LUJÁN, J.L.: (eds.) *Ciencia, Tecnología y Sociedad: lecturas seleccionadas*, Barcelona, Ariel, 1997.
- GOULD, S.J. (1981): *La falsa medida del hombre*, Barcelona, Antoni Bosch, 1984.
- HABERMAS, J. (1968): *Ciencia y técnica como ideología*, Madrid, Tecnos, 1986.
- + • HARAWAY, D.: *Simians, Cyborgs, and Women: The Reinvention of Nature*, Nueva York, Routledge (trad. cast. en Cátedra: *Ciencia, cyborgs y mujeres*), 1991.
- HARDING, S. (1993): *Ciencia y feminismo*, Madrid, Morata, 1996.
- HARDY, G.H. (1940): *Autojustificación de un matemático*, Barcelona, Ariel, 1981.
- HIMMELSTEIN, C.U. et al.(1986):*Ciencia y tecnología*, Madrid, Revolución, 1990.
- ILLICH, I. (1973): *La convivencialidad*, Barcelona, Barral, 1974.
- ILLICH, I.: *Energía y equidad*: Barcelona, Barral, 1974.
- INVESCIT: “Tecnología, Ciencia, Naturaleza y Sociedad: antología de autores y textos”, Revista *Anthropos*, Suplementos 14, 1989.
- IRANZO, J.M. et al. (ed.): *Sociología de la ciencia y la tecnología*, Madrid, CSIC, 1995.
- + JASANOFF, S. et al. (eds.): *Handbook of Science and Technology Studies*, Londres, Sage, 1995.
- + • KELLER, E.F.: *A Feeling for the Organism: The Life and Work of Barbara McClintock*, San Francisco, Freeman (trad. cast. en Fontalba: *Seducida por lo vivo*), 1983.
- KELLER, E.F. (1985): *Reflexiones sobre género y ciencia*, Valencia, Alfons el Magnàim, 1991.
- + KNORR-CETINA, K. y MULKAY, M. (eds.): *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*, Londres, Sage, 1983.
- KRANZBERG, M. y DAVENPORT, W. (1972) (eds.): *Tecnología y cultura*, Barcelona, Gustavo Gili, 1978.
- + KRIMSKY, S. (1984): “Beyond Technocracy: New Routes for Citizen Involvement in Social Risk Assessment”, en: *Petersen* (1984).
- KUHN, T.S. (1962/1970): *La estructura de las revoluciones científicas*, 2ª ed., México, FCE, 1975.
- LAMO DE ESPINOSA, E.; GONZÁLEZ GARCÍA, J.M., y TORRES ALBERO, C.: *La sociología del conocimiento y de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1994.
- LATOUR, B. (1987): *Ciencia en acción*, Barcelona, Labor, 1992.
- LATOUR, B. (1991): *Nunca hemos sido modernos: ensayo de antropología simétrica*, Madrid, Debate, 1993.
- LATOUR, B. y WOOLGAR, S. (1979/1986): *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*, Madrid, Alianza Universidad, 1995.
- + • LAUDAN, L.: *Progress and its Problems*, Berkeley, University of California Press (trad. cast. en Encuentro: *El Progreso y sus problemas*), 1977.
- LEWONTIN, R.C.; ROSE, S., y KAMIN, L.J. (1984): *No está en los genes*, Barcelona, Crítica, 1987.
- LIZCANO, E.: *Imaginario colectivo y creación matemática*, Barcelona, Gedisa, 1993.
- + LONGINO, H.: *Science as Social Knowledge: Values and Objectivity in Scientific Inquiry*, Princeton, Princeton University Press, 1990.
- + LÓPEZ CERREZO, J.A.: “STS Education in Practice: The Case of Spain”, *Bulletin of Science, Technology and Society* 14/3: 158-166, 1994.
- LÓPEZ CERREZO, J.A. y LUJÁN LÓPEZ, J.L.: *El artefacto de la inteligencia*, Barcelona, Anthropos, 1989.
- LUENING, H. e ILLICH, I. (1973): *La escuela y la represión de nuestros hijos*, Madrid, Sociedad de Educación Atenas, 1979.
- MARCUSE, H. (1954): *El hombre unidimensional*, Barcelona, Ariel, 1981.
- MARTÍNEZ CONTRERAS, J. et al. (eds.): “Tecnología, desarrollo económico y sustentabilidad”, *Ludus Vitalis*, número especial N° 2.

- + MAXWELL, N.: *From Knowledge to Wisdom: A Revolution in the Aims & Methods of Science*, Oxford, Blackwell, 1984.
- + McCOMAS, W.F.; BLUNCK, S.M.; McARTHUR, J.M., y BROCKMEYER, M.A., «Changing the Focus: Fostering the Development of Science, Technology, and Society Programs in Schools», *Bulletin of Science, Technology and Society* 12: 294-298, 1992.
- MEDINA, E.: *Conocimiento y sociología de la ciencia*, Madrid, CSIC Siglo XXI, 1989.
- MEDINA, M.: *De la techné a la tecnología*, Valencia, Tirant lo Blanch, 1985.
- MEDINA, M. y SANMARTÍN, J. (eds.): *Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Barcelona: Anthropos, 1990.
- MÉNDEZ SANZ, J.A. y LÓPEZ CEREZO, J.A.: “Participación pública en política científica y tecnológica”, en: *Alonso et al.* (1996).
- MITCHAM, C.: *¿Qué es la filosofía de la tecnología?*, Barcelona, Anthropos, 1989.
- + MITCHAM, C.: *Thinking Through Technology: The Path between Engineering and Philosophy*, Chicago, University of Chicago Press, 1994.
- MOKYR, J. (1990): *La palanca de la riqueza: creatividad tecnológica y progreso económico*, Madrid, Alianza, 1993.
- MORENO, L.; LEMKOW, L., y LIZÓN, A.: *Biotechnología y Sociedad. Percepción y Actitudes Públicas*, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Madrid, 1992.
- MUMFORD, L. (1934): *Técnica y civilización*, Madrid, Alianza, 1982.
- MUMFORD, L. (1967-70): *El mito de la máquina*, Buenos Aires, Emecé, 1969.
- MUÑOZ, E.: *Genes para cenar*, Madrid, Temas de Hoy, 1992.
- + NELKIN, D. (1984): “Science and Technology Policy and the Democratic Process”, en: *Petersen* (1984).
- NELKIN, D.: *La ciencia en el escaparate*, Madrid, Fundesco, 1987.
- NOBLE, D. (1977): *El diseño de los Estados Unidos: la ciencia, la tecnología y la aparición del capitalismo monopolístico*, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Madrid, 1987.
- ORTEGA Y GASSET, J. (1939): “Meditación de la técnica”, Madrid, *Rev. de Occidente/El Arquero*, 1977.
- PACEY, A. (1974): *El laberinto del ingenio*, Barcelona, Gustavo Gili, 1980.
- PACEY, A. (1983): *La cultura de la tecnología*, México, FCE, 1990.
- + PETERSEN, J.C. (ed.): *Citizen Participation in Science Policy*, Amherst, University of Massachusetts Press, 1984.
- + PICKERING, A.: *Constructing Quarks*, Chicago, University of Chicago Press, 1984.
- + PICKERING, A. (ed.) (1992): *Science as Practice and Culture*, Chicago, University of Chicago Press, 1992.
- POSTMAN, N. (1992): *Tecnópolis: la rendición de la cultura a la tecnología*, Barcelona, Galaxia Gutenberg/Círculo de Lectores, 1994.
- PUIG, J. y COROMINAS, J.: *La ruta de la energía*, Barcelona, Anthropos, 1990.
- QUINTANILLA, M.A.: *Tecnología: un enfoque filosófico*, Madrid, Fundesco, 1988.
- QUINTANILLA, M.A. y SÁNCHEZ RON, J.M.: *Ciencia, tecnología y sociedad*, manual de educación secundaria, Madrid, Editorial Santillana, 1997.
- + RIP, A.: “Controversies as Informal Technology Assessment”, *Knowledge: Creation, Diffusion, Utilization* 8/2: 349-371, 1986.
- RODRÍGUEZ ALCÁZAR, F.J. et al. (eds.): *Ciencia, tecnología y sociedad: contribuciones para una cultura de la paz*, Granada, Universidad de Granada, 1997.
- ROSE, H. y Rose, S. (1976): *La radicalización de la ciencia*, México, Nueva Imagen, 1980.
- ROSENBERG, N. (1976): *Tecnología y economía*, Barcelona, Gustavo Gili, 1979.
- ROSENBERG, N. (1982): *Dentro de la caja negra: tecnología y economía*, Barcelona, La Llar del Llibre, 1993.
- ROSZAK, T. (1968): *El nacimiento de una contracultura*, Barcelona, Kairós, 1970.

- ROSZAK, T. (1986): *El culto a la información*, Barcelona, Crítica, 1988.
- RUBBA, P.A. y WIESENMYER, R.L. (1993): "Increased Action by Students", en: R.E. Yager (ed.), *The Science, Technology, Society Movement*, NSTA, 1993.
- SÁNCHEZ RON, J.M.: *El poder de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1992.
- SÁNCHEZ RON, J.M.: *La ciencia, su estructura y su futuro*, Madrid, Debate/Dominós, 1995.
- SANMARTÍN, J.: *Los nuevos redentores*, Barcelona, Anthropos, 1987.
- SANMARTÍN, J.: *Tecnología y futuro humano*, Barcelona, Anthropos, 1990.
- SANMARTÍN, J. et al.: *Estudios sobre sociedad y tecnología*, Barcelona, Anthropos, 1992.
- SANMARTÍN, J. y HRONSZKY, I. (eds.): *Superando fronteras: estudios europeos de Ciencia-Tecnología-Sociedad y evaluación de tecnologías*, Barcelona, Anthropos, 1994.
- SANZ MENÉNDEZ, L.: *Estado, ciencia y tecnología en España: 1939-1997*, Madrid, Alianza, 1997.
- SANZ MENÉNDEZ, L. y SANTESMASES, M.J. (eds.): «Ciencia y Estado», número monográfico de *Zona Abierta*, 75-76, 1996.
- SCHUMACHER, E.F. (1973): *Lo pequeño es hermoso*, Madrid, Hermann Blume, 1978.
- + SHAPIN, S. y SCHAFFER, S.: *Leviathan and the Air Pump: Hobbes, Boyle and the Politics of Experiment*, Princeton, Princeton University Press, 1985.
- SHRADER-FRECHETTE, K.: *Energía nuclear y bienestar público*, Madrid, Alianza, 1980.
- + SHRADER-FRECHETTE, K.: *Science Policy, Ethics, and Economic Methodology*, Dordrecht, Reidel, 1985.
- SMITH, M.R. y MARX L. (eds.) (1994): *Historia y determinismo tecnológico*, Madrid: Alianza, 1996.
- SNOW, C.P. (1964): *Las dos culturas y un segundo enfoque*, Madrid, Alianza, 1977.
- SOLÍS, C.: *Razones e intereses*, Barcelona, Paidós, 1994.
- + SOLOMON, J.: *Teaching Science, Technology and Society*, Bukingham, Open University Press, 1993.
- + SOLOMON, J. y AIKENHEAD, G. (eds.): *STS Education: International Perspectives on Reform*, Nueva York: Teachers College Press, 1994.
- SORELL, T.: *La cultura científica: mito y realidad*, Barcelona, Península, 1991.
- SUZUKI, D. y KNUDSON, P. (1990): *Genética*, Madrid, Tecnos, 1991.
- TEZANOS, J. y LÓPEZ PELÁEZ, A. (eds.): *Ciencia, tecnología y Sociedad*, Madrid, Editorial Sistema, 1997.
- TESTART, J. (1986): *El embrión transparente*, Barcelona, Gránica, 1988.
- + THIRUNARAYANAN, M.O. (ed.): *Handbook of Science, Technology and Society. Vol. 1: A Theoretical and Conceptual Overview of Science, Technology and Society Education*, Tempe, College of Education, Arizona State University, 1992.
- THUILLIER, P. (1988): *Las pasiones del conocimiento: sobre las dimensiones culturales de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1992.
- TORRES ALBERO, C.: *Sociología política de la ciencia*, Madrid, CSIC/Siglo XXI, 1994.
- UNESCO (1981): *Repercusiones sociales de la revolución científica y tecnológica*, Madrid, Tecnos/UNESCO, 1982.
- VENCE, X.: *Economía de la innovación y cambio tecnológico*, Madrid, Siglo XXI, 1995.
- + • VV.AA. (1977): *The Ann Arbor Science for the People. La biología como arma social*, Madrid, Alhambra, 1982.
- + • VV.AA. (1991): «Genética: implicaciones sociales de la ingeniería genética humana», número monográfico de *Arbor* (CSIC), edición de J. Sanmartín, abril 1991.
- VV.AA.: «Sociología de la Ciencia» número monográfico, *Política y Sociedad* (Revista de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Complutense) 14/15, 1994.
- VV.AA. (1995): «La educación ciencia-tecnología-sociedad», número monográfico de *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, nº 3, enero de 1995.

- VV.AA. *Tecnología y sociedad*, La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, 1997.
- + WAKS, L.: «The Responsibility Spiral: A Curriculum Framework for STS Education», en: *Thirunarayanan*, 1992.
- + WAKS, L.: “Ethics and Values in Science-Technology-Society Education: Converging Themes in a Basic Research Project”, *Bulletin of Science, Technology and Society* 13/6: 1-21, 1993.
- WHITE, L. (1962): *Tecnología medieval y cambio social*, Barcelona, Paidós, 1990.
- WINNER, L. (1977): *Tecnología autónoma*, Barcelona, Gustavo Gili, 1979.
- WINNER, L. (1986): *La ballena y el reactor*, Barcelona, Gedisa, 1987.
- WOOLGAR, S. (1988): *Ciencia: abriendo la caja negra*, Barcelona, Anthropos, 1991.
- + WYNNE, B.: «Uncertainty and Environmental Learning», *Global Environmental Change* 2: 111-127, 1992.
- + YAGER, R.E. (1992): «The Constructivist Learning Model: A Must for STS Classrooms», en: R.E. Yager, R.E. (ed.), *The Status of Science-Technology-Society. Reforms Around the World*, International Council of Associations for Science Education/Yearbook, 1992.
- + YAGER, R.E.: «The Advantages of STS Approaches in Science Instruction in Grades Four Through Nine», *Bulletin of Science, Technology and Society* 13: 74-82, 1993.