



## **Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual**

**Autores:** Eduardo Marino García Palacios, Juan Carlos González Galbarte, José Antonio López Cerezo, José Luis Luján, Mariano Martín Gordillo, Carlos Osorio, Célida Valdés

**Colección:** Cuadernos de Iberoamérica

**Edita:** Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)

**Número de páginas:** 165

**Encuadernación:** rústica

**Tamaño:** 16,5 x 24 cm.

**Fecha de edición:** 2001

**Edición número:** 1

**ISBN:** 84-7666-119-3

# ¿QUÉ ES CIENCIA, TECNOLOGIA Y SOCIEDAD?

## 1. Introducción

La expresión “ciencia, tecnología y sociedad” (CTS) suele definir un ámbito de trabajo académico, cuyo objeto de estudio está constituido por los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología, tanto en lo que concierne a los factores sociales que influyen sobre el cambio científico-tecnológico, como en lo que atañe a las consecuencias sociales y ambientales. Utilizaremos la expresión desnuda “CTS” para hacer referencia al objeto de estudio, a las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, y la frase “estudios CTS” para el ámbito de trabajo académico que comprende las nuevas aproximaciones o interpretaciones del estudio de la ciencia y la tecnología.

En el presente capítulo empezaremos comentando cuáles son los antecedentes socio-históricos de las reticencias y obstáculos con que importantes segmentos sociales contemplan actualmente al fenómeno científico-tecnológico. Esta visión retrospectiva nos permitirá identificar los cambios en las actitudes públicas de la ciencia, así como entender la evolución reciente de los modelos políticos implantados en los países industrializados para gestionar el desarrollo científico-tecnológico. Sobre esta base introduciremos los estudios CTS, entendidos como una reacción académica contra la tradicional concepción esencialista y triunfalista de la ciencia y la tecnología, subyacente a los modelos clásicos de gestión política. Veremos la nueva imagen del fenómeno científico-tecnológico que emerge desde los años 70 asociada a este campo académico. Por último, una reflexión sobre las relaciones ciencia-tecnología-sociedad en el mundo actual conectará los campos de estudio académico y el activismo social, en los niveles de la reflexión ética, y las nuevas tendencias educativas sobre el tema, especialmente en la educación secundaria.

## 2. Objetivos

1. Promover la apropiación de los estudios CTS en los docentes de la educación secundaria de los países iberoamericanos, a partir de una presentación de los enfoques recientes, principales autores y corrientes de estos estudios.

2. Revelar la necesidad de abrir la ciencia y la tecnología a la comprensión de los docentes, en tanto agentes de transformación social de los valores públicos y la participación social, mediante la socialización de planteamientos que contribuyan a la elaboración conceptual para orientar debates en temas contemporáneos relacionados con el desarrollo científico-tecnológico.

3. Orientar la comprensión de los estudios CTS en el ámbito educativo, a partir de una presentación de las experiencias más significativas sobre su incorporación en los currícula de la educación secundaria de diversos países, en la perspectiva de contribuir a la incorporación de estos estudios en los sistemas educativos de los países latinoamericanos.

## 3. La imagen tradicional de la ciencia y la tecnología

La concepción clásica de las relaciones entre la ciencia y la tecnología con la sociedad, es una concepción esencialista y triunfalista, que puede resumirse en una simple ecuación, el llamado “modelo lineal de desarrollo”: + ciencia = + tecnología = + riqueza = + bienestar social.

Dicha concepción está presente con frecuencia en diversos espacios del mundo académico y los medios de divulgación. En su fundamentación académica, encontramos la visión clásica del positivismo, sobre la naturaleza de la ciencia y su cambio temporal, cuya formulación canónica procede del Positivismo Lógico, filosofía de la ciencia que surge durante los años 20 y 30 de las manos de autores como Rudolf Carnap, en alianza con las aproximaciones funcionalistas en sociología de la ciencia que se desarrollan desde los años 40, en las que destaca Robert K. Merton.

Mediante la aplicación del método científico, y el acatamiento de un severo código de honestidad profesional, se espera que la ciencia produzca la acumulación de conocimiento objetivo acerca del mundo. Para ello, el trabajo científico debe ser objeto de evaluación por sus colegas, quienes se encargarían de velar por la integridad intelectual y profesional de la institución, es decir, por la correcta aplicación de ese método de trabajo y el buen funcionamiento de ese código de conducta. Este sistema de arbitraje por pares, tal como se le denomina, garantizaría el consenso y la honestidad en ciencia, prevendría la controversia y evitaría el fraude.

En esta visión clásica, la ciencia sólo puede contribuir al mayor bienestar social si se olvida de la sociedad, para dedicarse a buscar exclusivamente la verdad. La ciencia, entonces, sólo puede avanzar persiguiendo el fin que le es propio, el descubrimiento de verdades e intereses sobre la naturaleza, si se mantiene libre de la interferencia de valores sociales por beneméritos que éstos sean. 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 cognitiva y material de la naturaleza.

*Los mitos del sistema I+D* (investigación y desarrollo). Daniel Sarewitz identifica en (1996) los que considera como mitos principales del sistema I+D, es decir, de la concepción tradicional de la ciencia y de sus relaciones con la tecnología y la sociedad. Son, en una versión adaptada, los siguientes:

*Mito del beneficio infinito*: más ciencia y más tecnología conducirá inexorablemente a más beneficios sociales.

*Mito de la investigación sin trabas*: cualquier línea razonable de investigación sobre procesos naturales fundamentales es igualmente probable que produzca un beneficio social.

*Mito de la rendición de cuentas*: el arbitraje entre pares, la reproducibilidad de los resultados y otros controles de la calidad de la investigación científica dan cuenta suficientemente de las responsabilidades morales e intelectuales en el sistema I+D.

*Mito de la autoridad*: la investigación científica proporciona una base objetiva para resolver las disputas políticas.

*Mito de la frontera sin fin*: el nuevo conocimiento científico generado en la frontera de la ciencia, es autónomo respecto a sus consecuencias prácticas en la naturaleza y la sociedad.

## Lecturas complementarias

### Capítulo “¿Qué es la ciencia?”

Echeverría, J. (1995), *Filosofía de la ciencia*, Madrid, Akal.

Feyerabend, P. (1975), *Tratado contra el método*, Madrid, Tecnos, 1981.

Merton, R.K. (1973), *La sociología de la ciencia*, 2 vols., Madrid, Alianza, 1977.

### 3.1. Los orígenes de la concepción esencialista

La expresión política de esa visión tradicional de la ciencia y la tecnología, donde se reclama la autonomía de la ciencia-tecnología con respecto a la interferencia social o política, es algo que tiene lugar inmediatamente después de la II Guerra Mundial. Era una época de intenso optimismo acerca de las posibilidades de la ciencia-tecnología y su necesidad de apoyo incondicional. Son expresiones de la misma: los primeros ordenadores electrónicos (ENIAC, 1946); los primeros trasplantes de órganos (riñón, 1950); los primeros usos de la energía nuclear para el transporte (USS Nautilus, 1954); o la invención de la píldora anticonceptiva (1955). La elaboración doctrinal de ese manifiesto de autonomía para la ciencia con respecto a la sociedad se debe originalmente a Vannevar Bush, un influyente científico norteamericano que fue director de la *Office of Scientific Research and Development* (Oficina para la Investigación Científica y el Desarrollo, EE.UU.) durante la II Guerra Mundial, y tuvo un papel protagonista en la puesta en marcha del Proyecto Manhattan para la construcción de las primeras bombas atómicas.

El informe de Bush, titulado *Science - The Endless Frontier* (Ciencia: la frontera inalcanzable), traza las líneas maestras de la futura política científico-tecnológica norteamericana, subrayando el modelo lineal de desarrollo: el bienestar nacional depende de la financiación de la ciencia básica y el desarrollo sin interferencias de la tecnología, así como la necesidad de mantener la autonomía de la ciencia para que el modelo funcione. El crecimiento económico y el progreso social vendrían por añadidura.

El ejemplo de Estados Unidos será seguido por el resto de los estados industrializados occidentales durante la Guerra Fría, se implicarán activamente en la financiación de la ciencia por la carrera de armamentos y por las guerras de Corea y Vietnam. Por ejemplo, en 1954 se crea en Suiza el Centro Europeo de Investigación Nuclear (CERN, *Centre Européen de la Recherche Nucleaire*), como respuesta europea a la carrera internacional en investigación nuclear.

*“El progreso en la guerra contra la enfermedad depende del flujo de nuevo conocimiento científico. Los nuevos productos, las nuevas industrias y la creación de puestos de trabajo requieren la continua adición de conocimiento de las leyes de la naturaleza, y la aplicación de ese conocimiento a propósitos prácticos. De un modo similar, nuestra defensa contra la agresión requiere conocimiento nuevo que nos permita desarrollar armas nuevas y mejoradas. Este esencial conocimiento nuevo sólo puede ser obtenido a través de la investigación científica básica ... Sin progreso científico ningún logro en otras direcciones puede asegurar nuestra*

*salud, prosperidad y seguridad como nación en el mundo moderno*" (Bush 1945/1980, p. 5).

Enfatizando la necesidad de financiación pública de investigación básica, podríamos decir, siguiendo a S. Fuller (1999, pp. 117 ss.), que se mataban dos pájaros de un tiro: por un lado se promovía la autonomía de la institución científica frente al control político o el escrutinio público, dejando en manos de los propios científicos la localización de recursos propios del sistema de incentivación del conocimiento, y, por otro lado, se favorecía una proyección a largo plazo de la investigación que, según la experiencia de la guerra, había demostrado ser necesaria para satisfacer las demandas militares en el ámbito de la innovación tecnológica. Sólo de este modo podía avanzarse hacia esa frontera sin fin, hacia la verdad como meta inalcanzable, tomando el título del escrito de Bush.

### Lecturas complementarias

Barnes, B. (1985), *Sobre ciencia*, Barcelona, Labor, 1987.

Salomon, J.-J. et al. (eds.) (1994), *Una búsqueda incierta: ciencia, tecnología y desarrollo*, FCE/Ed. Univ. Naciones Unidas, México, 1996.

Sánchez Ron, J.M. (1992), *El poder de la ciencia*, Madrid, Alianza.

### 3.2. El malestar por la ciencia

Pese al optimismo proclamado por el prometedor modelo lineal, el mundo ha sido testigo de una sucesión de desastres relacionados con la ciencia y la tecnología, especialmente desde finales de la década de los 50. Vertidos de residuos contaminantes, accidentes nucleares en reactores civiles y transportes militares, envenenamientos farmacéuticos, derramamientos de petróleo, etc. Todo esto no hace sino confirmar la necesidad de revisar la política científico-tecnológica de *laissez-faire* y cheque-en-blanco, y, con ella, la concepción misma de la ciencia-tecnología y de su relación con la sociedad.

Es un sentimiento social y político de alerta, de corrección del optimismo de la posguerra, que culmina en el simbólico año de 1968 con el cenit del movimiento contracultural y de revueltas contra la guerra de Vietnam. Desde entonces, los movimientos sociales y políticos antisistema hacen de la tecnología moderna y del estado tecnocrático el blanco de su lucha (González García, M., J.A. López Cerezo y J.L. Luján 1996).

*"Las protestas [en EE.UU. durante 1968] estaban dirigidas fundamentalmente contra la guerra, pero también de un modo más general contra el crudo materialismo que se decía que nos había conquistado. La tecnología se había convertido en una palabra con sentido maligno, identificada con el armamento, la codicia y la degradación medioambiental. Las dulces canciones de los 'hijos de las flores' se mezclaban con los airados cánticos de los militantes universitarios, creando una atmósfera en la que los ingenieros no podían evitar sentirse incómodos"* (Florman 1976/1994).

Los 60 y 70 señalan el momento de revisión y corrección del modelo lineal como base para el diseño de la política científico-tecnológica. La vieja política de *laissez-faire* propuesta para la ciencia, comienza a transformarse en una nueva política más intervencionista, donde los poderes públicos desarrollan y aplican una serie de instrumentos técnicos, administrativos y legislativos para encauzar el desarrollo científico-tecnológico y supervisar sus efectos sobre la naturaleza y la sociedad. El estímulo de la participación pública será desde entonces una constante en las iniciativas institucionales relacionadas con la regulación de la ciencia y la tecnología.

*Breve cronología de un fracaso* (González García et al., 1996).

1957 - La Unión Soviética lanza el *Sputnik I*, el primer satélite artificial alrededor de la tierra. Causó una convulsión social, política y educativa en EE.UU. y otros países occidentales.

- El reactor nuclear de Windscale, Inglaterra, sufre un grave accidente, creando una nube radiactiva que se desplaza por Europa occidental.

- Explota cerca de los Urales el depósito nuclear Kyshtym, contaminando una gran extensión circundante en la antigua URSS.

1958 - Se crea la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), como una de las consecuencias del Sputnik. Más tarde, se creará la *European Space Research Organization* (ESRO), precursora de la Agencia Espacial Europea (ESA), como respuesta del viejo continente.

1959 - Conferencia Rede de C.P. Snow, donde se denuncia el abismo entre las culturas humanística y científico-técnica.

60s - Desarrollo del movimiento contracultural, donde la lucha política contra el sistema vincula su protesta con la tecnología.

- Comienza a desarrollarse el movimiento pro tecnología alternativa, en el que se reclaman tecnologías amables a la medida del ser humano y se promueve la lucha contra el estado tecnocrático.

1961 - La talidomida es prohibida en Europa después de causar más de 2.500 defectos de nacimiento.

1962 - Publicación de *Silent Spring*, por Rachel Carson. Denuncia, entre otras cosas, el impacto ambiental de plaguicidas sintéticos como el DDT. Es el disparador del movimiento ecologista.

1963 - Tratado de limitación de pruebas nucleares.

- Se hunde el submarino nuclear *USS Thresher*, y es seguido por el *USS Scorpion* (1968) así como por al menos tres submarinos nucleares soviéticos (1970, Ø83, 1986).

1966 - Se estrella un B-52 con cuatro bombas de hidrógeno cerca de Palomares, Almería, contaminando una amplia área con radiactividad.

- Movimiento de oposición a la propuesta de crear un banco de datos nacional en EE.UU., por parte de profesionales de la informática sobre la base de motivos éticos y políticos.

1967 - El petrolero *Torry Canyon* sufre un accidente y vierte una gran cantidad de petróleo en las playas del sur de Inglaterra. La contaminación por petróleo se convierte desde entonces en algo común en todo el mundo.

1968 - El Papa Pablo VI hace público un rechazo a la contracepción artificial en *Humanae vitae*.

- Graves revueltas en EE.UU. contra la Guerra de Vietnam (que, en el caso de la participación norteamericana, incluyó sofisticados métodos bélicos como el uso del *napalm*).

- Mayo del 68 en Europa y EE.UU.: protesta generalizada anti-sistema.

## Lecturas complementarias

Braun, E. (1984), *Tecnología rebelde*, Madrid, Tecnos/Fundesco, 1986.

González García, M. I., J. A. López Cerezo y J. L. Luján (1996), *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Tecnos.

## 4. Los estudios CTS

La anterior reacción, que refleja el “síndrome de Frankenstein” en la esfera de las actitudes públicas, es algo que no se agota en el ámbito social y político. Originarios de finales de los años 60 y principios de los 70, los estudios CTS, o estudios sociales de la ciencia y la tecnología, reflejan en el ámbito académico y educativo esa nueva percepción de la ciencia y la tecnología y de sus relaciones con la sociedad.

El "síndrome de Frankenstein" hace referencia al temor de que las mismas fuerzas utilizadas para controlar la naturaleza se vuelvan contra nosotros destruyendo al ser humano. La bella novela de Mary Shelley, publicada en 1818, recoge estupendamente ese temor. "Tú eres mi creador, pero yo soy tu señor", le dice el monstruo a Victor Frankenstein al final de la obra. Se trata de la misma inquietud expresada décadas después por H.G. Wells en *La isla del Dr. Moreau*, el científico que trataba de crear una raza híbrida de hombres y animales en una isla remota, y que consideraba estar trabajando al servicio de la ciencia y la humanidad. Sus engendros acaban volviéndose contra él y destruyéndolo. No es sin embargo un tema nuevo en la literatura decimonónica. La leyenda del Golem, la criatura de barro al servicio del rabino Loew en la Praga de finales del siglo XVI, es otra variación sobre el mismo tema. Los orígenes mismos de la cultura escrita atestiguan ese temor. El mito de Prometeo, en la Grecia Clásica, constituye un ejemplo: Prometeo roba el fuego a los dioses pero no es lo suficientemente divino para hacer buen uso de él. También está presente en el nacimiento de la civilización judeocristiana a través del mito del pecado original: probar el fruto del árbol de la sabiduría hace recaer el castigo de Dios sobre Adán y Eva. Hoy día, novelas y películas como *Parque Jurásico* contribuyen a mantener vivo ese temor a las fuerzas desencadenadas por el poder del conocimiento.

Los estudios CTS definen hoy un campo de trabajo reciente y heterogéneo, aunque bien consolidado, de carácter crítico respecto a la tradicional imagen esencialista de la ciencia y la tecnología, y de carácter interdisciplinar por concurrir 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. Los estudios CTS buscan comprender la dimensión social de la ciencia y la tecnología, tanto desde el punto de vista de sus antecedentes sociales como de sus consecuencias sociales y ambientales, es decir, tanto por lo que atañe a los factores de naturaleza social, política o económica que modulan el cambio científico-tecnológico, como por lo que concierne a las repercusiones éticas, ambientales o culturales de ese cambio.

El aspecto más innovador de este nuevo enfoque se encuentra en la caracterización social de los factores responsables del cambio científico. Se propone en general entender la ciencia-tecnología, no como un proceso o actividad autónoma que sigue una lógica interna de desarrollo en su funcionamiento óptimo (resultante



de la aplicación de un método cognitivo y un código de conducta), sino como un proceso o producto inherentemente social donde los elementos no epistémicos o técnicos (por ejemplo valores morales, convicciones religiosas, intereses profesionales, presiones económicas, etc.) desempeñan un papel decisivo en la génesis y consolidación de las ideas científicas y los artefactos tecnológicos.

Los estudios y programas CTS se han desarrollado desde sus inicios en tres grandes direcciones:

- En el campo de la investigación, los estudios CTS se han planteado como una alternativa a la reflexión académica tradicional sobre la ciencia y la tecnología, promoviendo una nueva visión no esencialista y socialmente contextualizada de la actividad científica.
- En el campo de la política pública, los estudios CTS han defendido la regulación social 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.
- En el campo de la educación, esta nueva imagen de la ciencia y la tecnología en sociedad ha cristalizado la aparición de programas y materias CTS en enseñanza secundaria y universitaria en numerosos países.

Aquiles y la Tortuga. Hay un precioso fragmento de Lewis Carroll, autor de *Alicia en el país de las maravillas*, que suele citarse como ejemplo de que las reglas que utilizamos para representar y estructurar la realidad mediante la ciencia son reglas que, en última instancia, dependen de convenciones humanas. Se trata de una conversación ficticia entre Aquiles y la Tortuga acerca de la supuesta compulsividad de las leyes de la lógica. Veremos aquí la versión de S. Woolgar (1988, pp. 68-69, cursivas del autor) (la versión original más extensa de Carroll puede encontrarse en 1887/1972, pp. 153 ss.): "Aquiles y la tortuga discuten sobre tres proposiciones - A, B y Z - relacionadas entre sí de forma tal que, según Aquiles, Z "se sigue lógicamente" de A y B. La tortuga está de acuerdo en aceptar que A y B son proposiciones verdaderas pero desea saber qué podría inducirle a aceptar Z, pues no acepta la proposición hipotética C que reza: "Si A y B son verdaderas, entonces Z deber ser verdad". Aquiles comienza entonces por pedirle a la tortuga que acepte C, lo que ésta hace. Entonces Aquiles le dice a la tortuga: "Si aceptas A, B, y C debes aceptar Z". Cuando la tortuga le pregunta por qué debe hacerlo, Aquiles le dice: "Porque se sigue lógicamente de ellas. Si A, B y C son verdaderas, Z debe ser verdad. Supongo que no me discutirás esto, ¿verdad?". La tortuga decide aceptar esta última proposición y llamarla D.

- Ahora que aceptas A, B, C y D aceptarás, por supuesto, Z.

- ¿Ah sí? - le dijo inocentemente la tortuga - Aclaremos esto. Yo acepto A, B, C y D. Supongamos que aún me resisto a aceptar Z.

- Entonces la lógica echará mano a tu garganta y *te obligará a hacerlo* - contestó Aquiles triunfalmente - *La lógica* te diría: "No tienes nada que hacer. Una vez has aceptado A, B, C y D debes aceptar Z". Ya ves, no tienes más remedio que hacerlo.

- Vale la pena *anotar* todo lo que la lógica puede decirme - dijo la tortuga - Así pues, anótalo en tu libro. Lo llamaremos E (Si A, B, C y D son verdaderos, Z debe serlo). Evidentemente, hasta que no haya aceptado eso no podré aceptar Z. Por lo tanto es un paso bastante necesario, ¿no te parece?

- Sí - dijo Aquiles - y había un toque de tristeza en su voz.



La conexión entre ámbitos tan dispares, así como la complementariedad de los distintos enfoques y tradiciones CTS, puede mostrarse mediante el llamado “silogismo CTS”:

- ?? El desarrollo científico-tecnológico es un proceso social conformado por factores culturales, políticos y económicos, además de epistémicos.
- ?? El cambio científico-tecnológico es un factor determinante principal que contribuye a modelar nuestras formas de vida y 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.

Mientras la primera premisa resume los resultados de la investigación académica en la tradición CTS de origen europeo, centrada en el estudio de los antecedentes sociales del cambio en ciencia-tecnología; la segunda premisa recoge los resultados de otra tradición más activista, con origen en EE.UU., centrada más bien en las consecuencias sociales y ambientales del cambio científico-tecnológico y los problemas éticos y regulativos suscitados por tales consecuencias. La naturaleza valorativa de la tercera premisa justifica el “deberíamos” de la conclusión (González García, M., J.A. López Cerezo y J.L. Luján 1996).

#### DIFERENCIAS ENTRE LAS DOS TRADIICIONES CTS.

TRADICIÓN EUROPEA	TRADICIÓN AMERICANA
Institucionalización académica en Europa (en sus orígenes)	Institucionalización administrativa y académica en Estados Unidos (en sus orígenes)
Énfasis en los factores sociales antecedentes	Énfasis en las consecuencias sociales
Atención a la ciencia y, secundariamente, a la tecnología	Atención a la tecnología y, secundariamente, a la ciencia
Carácter teórico y descriptivo	Carácter práctico y valorativo
Marco explicativo: ciencias sociales (sociología, psicología, antropología, etc.)	Marco evaluativo: ética, teoría de la educación, etc.

#### Lecturas complementarias

Alonso, A., I. Ayestarán y N. Ursúa (eds.) (1996), *Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Estella, EVD.

Medina, M. y J. Sanmartín (eds.) (1990), *Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Barcelona, Anthropos.

Núñez Jover, J. y López Cerezo, J. A. Ciencia, “Tecnología y Sociedad en Cuba”. <http://campus-oei.org/cts/cuba.htm>

González García, M. I., J. A. López Cerezo y J. L. Luján (eds.) (1997), *Ciencia, Tecnología y Sociedad: lecturas seleccionadas*, Barcelona, Ariel.

### *Bibliografías CTS*

López Cerezo, J. A. “Bibliografía básica sobre CTS”. <http://www.campus-oei.org/cts/bibliografia.htm>

González García, M. I. “Bibliografía sobre género y ciencia”. <http://www.campus-oei.org/cts/genero.htm>

Santander Gana, M. *Ciencia, Tecnología*, “Naturaleza y Sociedad. Base de datos bibliográfica”. <http://www.campus-oei.org/cts/santander.htm>

Enlaces en Internet CTS: Organismos públicos de Ciencia y Tecnología; Foros; Programas y Redes internacionales; Asociaciones. Búsqese a partir del enlace: <http://www.oei.es/ctsenla.htm#Enla>

## 4.1. La tradición europea de los estudios CTS

La llamada tradición de origen europeo en los estudios CTS es una forma de entender la “contextualización social” del estudio de la ciencia: analizar el modo en que una diversidad de factores sociales influyen sobre el cambio científico-tecnológico (González García, M. I., J.A. López Cerezo y J.L. Luján 1996). Son varias las escuelas o programas que pueden ubicarse dentro de esta tradición, los más conocidos son: el Programa Fuerte; el Programa Empírico del Relativismo EPOR; el SCOT o construcción social de la tecnología; así como nuevas extensiones del programa fuerte como son los estudios de laboratorio, la teoría de la red de actores y los estudios de reflexividad. Veamos brevemente algunos de ellos.

### 4.1.1. El Programa Fuerte

(Véase el apartado 3.2. del capítulo “¿Qué la es ciencia?”)

### 4.1.2. El Programa Empírico del Relativismo

(Véase el apartado 3.2. del capítulo “¿Qué es la ciencia?”)

#### 4.1.3. La construcción social de la tecnología

A partir de la sociología del conocimiento se han desarrollado diferentes enfoques para analizar la tecnología, como por ejemplo el SCOT (*Social Construction of Technology: construcción social de la tecnología*) derivado del programa EPOR (*Programa Empírico del Relativismo*) EPOR es un programa elaborado por la sociología del conocimiento científico que trata de establecer la estructura fina del conocimiento científico desde una óptica social. SCOT parte de la premisa de que el desarrollo tecnológico puede ser adecuadamente descrito como un proceso de variación y selección (véase el apartado 3.2. del capítulo “¿Qué es la ciencia?”).

*SCOT es un programa de investigación inspirado claramente en una epistemología evolutiva. Si ésta última trata de explicar la configuración de nuestras categorías intelectivas en el marco de la teoría de la evolución (mutación + selección), SCOT trata de explicar la supervivencia y evolución de las configuraciones tecnológicas* (Sanmartín, J. y A. Orti 1992, p. 60).

Se considera que la configuración de la tecnología que ha tenido éxito no es la única posible y, por lo tanto, este éxito es el *explanandum*, no el *explanans*. El SCOT elabora modelos multidireccionales en los que se trata de explicar por qué unas variantes sobreviven y otras perecen. Para realizar esto se valora cuáles son los problemas que cada variante soluciona y, posteriormente, se determina para qué grupos sociales se plantean esos problemas. El proceso de selección de variantes aparece así como un proceso claramente social, superando así la concepción lineal del progreso científico-tecnológico. Es decir, este enfoque investiga cómo se construyen los artefactos tecnológicos por medio de procesos sociales. Un artefacto técnico, por ejemplo, la bicicleta, no se “inventa”, sino que se desarrolla a través de un proceso social en el que grupos sociales de usuarios influyen sobre el posterior desarrollo de los prototipos. Cada artefacto plantea ciertos problemas a sus usuarios, y la solución a esos problemas crea un nuevo artefacto más adaptado a sus necesidades. Uno de los principales méritos del enfoque SCOT es su crítica al determinismo tecnológico implícito en la concepción tradicional del desarrollo tecnológico.

*La construcción social de la bicicleta. Un ejemplo de aplicación con éxito del EPOR se debe a Wiebe Bijker y Trevor Pinch: su estudio sociológico del desarrollo de la bicicleta - en Bijker et al. (1987), actualizado por Bijker en (1995). Este sencillo artefacto ejemplifica la naturaleza social del cambio tecnológico, un cambio donde la eficacia y el éxito no están definidos de antemano sino que son el resultado de procesos de interacción social. El sentido común, profundamente influido por la concepción tradicional de la tecnología, nos dice que la historia de la bicicleta es una historia lineal de mejora continua, desde las clásicas bicicletas decimonónicas con una exagerada rueda delantera, sin cámara de aire y tracción delantera directa hasta las versiones rudimentarias de la bicicleta actual, con ruedas iguales, cámara de aire y tracción trasera a*

*través de cadena. Es decir, se trata de una historia lineal de mejora acumulativa, aunque cuente con algunos diseños alternativos que acabaron en fracaso. A pesar de esos callejones sin salida, nos dice la visión clásica, los protagonistas de esa historia consiguieron discernir con claridad las mejoras en diseño y construcción. Para ello se limitaron a aplicar el criterio de eficacia técnica, eficacia en satisfacer la demanda social de un medio de transporte sencillo, económico y seguro.*

*Sin embargo, como ejemplifican Bijker y Pinch (Bijker et al. 1987), esta historia es una ficción, una reconstrucción retrospectiva: ante un diseño exitoso que se consolida tras un proceso de negociación social, se reescribe lo ocurrido como evolución necesaria, encerrando la historia real en una caja negra. Qué sea un diseño más eficaz, qué sea una auténtica necesidad social o en qué consista una buena bicicleta no eran, al principio de la historia, algo dado: eran, por contra, precisamente, algunas de las cosas que se ventilaban en ese proceso de negociación social, un proceso que tiene lugar en el último cuarto del siglo XIX y que implica a una serie de grupos sociales que tratan de hacer valer su propia visión del problema. Entre estos grupos encontramos algunos nítidamente definidos, como los ingenieros y fabricantes de bicicletas, y otros más difusos, como los deportistas de la bicicleta, los anticiclistas o las mujeres. Lo importante es que cada grupo representa una particular versión de qué sea una buena bicicleta, en función de sus intereses y de sus necesidades. La bicicleta actual no es más que el resultado contingente de ese proceso de negociación social entre dichos actores o grupos sociales.*

*Por ejemplo, un elemento técnico tan sencillo como la cámara de aire no constituía claramente una mejora para todos los actores involucrados. Para las mujeres sí era una mejora, pues implicaba una disminución de las vibraciones. Como obviamente lo era para Dunlop y otros fabricantes de cámaras. No era tal mejora, sin embargo, para los deportistas pues, además de no reconocer la vibración como problema en absoluto, en un principio consideraban más rápidas las llantas sólidas (más tarde cambiaron de opinión, con la introducción en las competiciones de bicicletas con cámara). Y de ningún modo era una buena innovación para los ingenieros, que consideraban la cámara como una monstruosidad, un añadido engorroso que podía ser sustituido por innovaciones más simples y apropiadas. Como está claro, cada grupo adscribía un significado diferente a la cámara, entendía de un modo distinto la palabra “eficacia” o “buena bicicleta”. Otro tanto podríamos decir de las ruedas asimétricas, del tamaño relativo de la rueda delantera, del sistema de frenado, de la localización y diseño del sillín, del sistema de tracción, etc.*

De este modo, el desarrollo tecnológico, en esta concepción, no es un proceso lineal de acumulación de mejoras, sino un proceso multidireccional y cuasievolutivo de variación y selección (“cuasievolutivo” porque, a diferencia de la evolución biológica, la producción de variación no es ciega). Los problemas técnicos no constituyen hechos sólidos como rocas, sino que admiten cierta flexibilidad interpretativa. En un determinado contexto histórico y cultural, distintos actores sociales con diferentes intereses y valores verán un problema de formas alternativas, proponiendo distintas soluciones sobre la base de esos intereses y valores. A continuación, los actores, como en cualquier proceso de negociación política, desplegarán sus mejores armas en el ejercicio de la persuasión y del poder, intentando alinear a los competidores con sus propios intereses y, de este modo, clausurar la flexibilidad interpretativa del problema original (son los llamados “mecanismos de clausura”). Como resultado de la interacción entre los distintos actores se producirá la clausura y selección final de un determinado diseño. El

siguiente paso en la modificación temporal de este diseño reproducirá un nuevo ciclo en dicho esquema de variación y selección. El éxito, en conclusión, no explica por qué tenemos la tecnología que tenemos, puesto que hay distintas formas de entender el éxito y, por tanto, debemos hablar de poder y negociación a la hora de explicar qué tecnología vamos a desarrollar y qué problemas tratamos de resolver mediante la misma.

El enfoque constructivista, tal y como ha sido elaborado por Pinch y Bijker (1984), elabora la siguiente metodología. El objetivo es analizar la variabilidad de la interpretación en los datos en el caso de la ciencia, o la variabilidad en la interpretación de los diseños tecnológicos en el caso de la tecnología. Para ello se estudian las controversias científicas o tecnológicas analizando las diferentes opciones de los grupos sociales relevantes. A continuación, se analizan los mecanismos por los que se reducen la variabilidad interpretativa, de forma que se llega a una situación en la que la clausura es posible.

## 4.2. La tradición norteamericana de estudios CTS

Otra forma de entender la “contextualización social” del estudio de la ciencia, lo constituye la llamada tradición de origen norteamericano en los estudios CTS (González García, M. I., J. A. López Cerezo y J. L. Luján 1996), es una tradición más centrada en el estudio de las consecuencias sociales y ambientales de la ciencia y la tecnología. Es una tradición donde, frente al uso de las ciencias sociales como marco explicativo en la tradición de origen europeo (Programa Fuerte, EPOR, SCOT,...), se recurre a la reflexión ética, al análisis político y, en general, a un marco comprensivo de carácter humanístico. Revisemos brevemente alguno de los principales ámbitos de trabajo desarrollados en esta tradición: la participación ciudadana en políticas públicas sobre ciencia y tecnología

### 4.2.1. La regulación social de la ciencia

Autores como D. Nelkin, L. Winner, K. Shrader-Frechette, D. Collingridge o S. Carpenter son el origen de diversas elaboraciones teóricas y propuestas prácticas, en algunos casos ensayadas institucionalmente, para profundizar democráticamente en la regulación social del cambio científico-tecnológico. Es la respuesta lógica a una creciente sensibilización y activismo social, sobre los problemas relacionados con políticas de innovación tecnológica e intervención ambiental, unos problemas que, como antes ha sido comentado, ocupan desde hace unas décadas un lugar destacado en los medios de comunicación, la opinión pública y las agendas políticas. No es por tanto una sorpresa que la participación pública en estas políticas sea percibida hoy día, no sólo por autores CTS, sino también por numerosos gobiernos o por muchos ciudadanos, como un importante reto para las sociedades democráticas. La Cumbre de Budapest de 1999 es un testimonio de esa inquietud.

Diferentes autores, afortunadamente cada vez menos, argumentan que las decisiones con relación a la gestión del riesgo generado por la aplicación del conocimiento científico y la utilización de los artefactos tecnológicos es mejor dejarlas a los expertos. Estas últimas palabras reflejan la idea clave del argumento

tecnocrático: el público nunca ha de involucrarse en todo lo que tiene que ver con la ciencia-tecnología; la ciencia es una institución autónoma y objetiva. Dada la complejidad de las cuestiones, y los rápidos cambios en la definición de los problemas y en sus soluciones, el público pierde el tiempo cuando trata de formar parte en la solución de los problemas técnicos. Las elites, argumentan los tecnócratas, tomarán las decisiones más racionales y adecuadas. Sin embargo, frente a este argumento tecnocrático, hay un buen número de poderosas razones para defender la participación del público en la gestión del cambio científico-tecnológico. Así, por ejemplo, C. Mitcham (1997) destaca la existencia de ocho argumentos:

- ?? Un primer argumento proviene de realismo tecnosocial, que afirma que los expertos simplemente no pueden escapar de la influencia pública. Habrá una influencia bien de los gobiernos, bien de otros grupos de interés, pero la influencia es inevitable. Las decisiones tecnocientíficas nunca son neutrales.
- ?? Un segundo argumento viene de la demanda del público, como muestran los síndromes not-in-my-back-yard (NIMBY: no-en-mi-patio-trasero) y build-absolutely-nothing-anywhere (BANA: nada-en-ningún-lugar), de que sin la participación y aprobación del público nada se realizará.
- ?? Un tercer argumento viene de la psicología. No es infrecuente que los expertos tiendan a promover sus intereses a expensas de los intereses del público en general.
- ?? Un cuarto argumento viene de las consecuencias del cambio científico-tecnológico, defendiendo que aquellos que se ven directamente afectados por las decisiones técnicas podrían y deberían tener algo que decir sobre lo que les afecta.
- ?? Un quinto argumento viene de la autonomía moral. Los seres humanos son agentes morales. Como argumentó más radicalmente Kant, las personas ven su autonomía moral seriamente disminuida cuando las decisiones que afectan sus vidas son realizadas por otros heterónomamente.
- ?? El sexto argumento es el pragmático, bastante cercano al segundo argumento, según el cual la participación pública llevará a mejores resultados.
- ?? Un séptimo argumento viene del clásico ideal ilustrado de la educación. Sólo la participación educará a los individuos y los hará más inteligentes acerca de su propio apoyo político y económico, como también sobre la complejidad de los riesgos-y-beneficios de la tecnología.
- ?? Finalmente, un octavo argumento viene de las realidades de la cultura postmoderna. El rasgo predominante en la ética de la cultura postmoderna es la pérdida de todo consenso moral fuerte. Tolerancia, diversidad, relativismo, minimalismo ético, son las marcas de las tecno-culturas avanzadas. Lo mejor en tal situación es el consenso democrático participativo. De otro modo la tecnociencia creará sus propios incentivos y autoridad que romperá esta diversidad.

La enumeración de un conjunto de argumentos, más o menos conectados, puede parecer como un mero ejercicio académico y teórico, sin embargo proporciona una serie de instrumentos para afrontar los diversos desafíos a los que nos enfrentamos respecto al ideal de la participación pública en la toma de decisiones científico-tecnológicas. Por ejemplo, tan pronto como los científicos

reivindican la objetividad científica para evitar la entrada del público en la gestión tecnológica, se puede hacer uso del primer argumento, el del realismo tecnosocial.

Esta serie de argumentos pueden reducirse a tres argumentos fundamentales expuestos por Daniel Fiorino (Fiorino 1990):

- ?? argumento instrumental,
- ?? argumento normativo, y
- ?? argumento substantivo.

El argumento instrumental defiende que la participación es la mejor garantía para evitar la resistencia social y la desconfianza hacia las instituciones. La participación pública en la gestión de las decisiones sobre riesgo hace que éstas sean más legítimas y lleven a mejores resultados. Según el argumento normativo, la orientación tecnocrática es incompatible con los ideales democráticos. Los ciudadanos son los mejores jueces y defensores de sus propios intereses. El argumento normativo se basa en el presupuesto de que uno de los pilares de la democracia supone que ser ciudadano significa ser capaz de participar en las decisiones que le afectan a uno mismo o a su propia comunidad. Por último, según el argumento substantivo, los juicios de los no expertos son tan válidos como los de los expertos. Los no expertos, especialmente aquellos que poseen un conocimiento familiar del entorno, objeto de intervención, ven problemas, cuestiones y soluciones que los expertos olvidan. Estudios sobre los juicios de los legos con relación a los riesgos tecnológicos revelan una sensibilidad a los valores sociales y políticos que los modelos teóricos de los expertos no reconocen.

El núcleo de la cuestión, no es imponer límites a priori al desarrollo de la ciencia y la tecnología, establecer alguna clase de control político o social de lo que hacen científicos e ingenieros, sino renegociar las relaciones entre ciencia y sociedad: establecer quién debería decidir objetivos políticos en ciencia y tecnología y quién debería supervisar su cumplimiento. Los lemas de esta renegociación son bien conocidos: “participación popular”, “ciencia para el pueblo”, “tecnología en democracia”, etc. La tradicional rendición de cuentas cada cuatro o cinco años por parte de gobiernos y parlamentos en sociedades democráticas, ha demostrado ser, desde este punto de vista, una forma indirecta de control social demasiado endeble ante un cambio científico-tecnológico cada vez más vertiginoso y que plantea problemas más y más apremiantes.

Con todo, como por ejemplo señala Dorothy Nelkin (1984), la identificación de actores sociales y la coordinación de sus intereses en la participación pública es una tarea que está lejos de ser sencilla debido a la disparidad de puntos de vista, grados de información, nivel de conciencia y poder de cada uno.

Sobre la base del reconocimiento de esa diversidad de segmentos sociales, en cuanto a tipos de ciudadano y también de grupo social, la literatura sobre participación pública señala habitualmente un conjunto de criterios que permiten evaluar el carácter democrático de iniciativas de gestión pública en política científico-tecnológica (véanse, e.g., Fiorino 1980; Laird 1993):

Carácter representativo: debe producirse una amplia participación en el proceso de toma de decisiones. En principio, cuanto mayor sea el número y diversidad de individuos o grupos involucrados, más democrático puede considerarse el mecanismo participativo en cuestión.



Carácter igualitario: debe permitir la participación ciudadana en pie de igualdad con los expertos y las autoridades gubernamentales. Ello implica, entre otras cosas, transmisión de toda la información, disponibilidad de medios, no intimidación, igualdad de trato y transparencia en el proceso.

Carácter efectivo: debe traducirse en un influjo real sobre las decisiones adoptadas. Para ello es necesario que se produzca una delegación de la autoridad o un acceso efectivo a aquellos que la detentan.

Carácter activo: debe permitir al público participante involucrarse activamente en la definición de los problemas y el debate de sus parámetros principales, y no sólo considerar reactivamente su opinión en el terreno de las soluciones. Se trata de fomentar una participación integral en la que no haya puertas cerradas de antemano.

Existen dos grandes teorías de la democracia con relación al tema de la participación pública en la gestión de la política científico-tecnológica, el pluralismo y la teoría de la participación directa, que son fundamentales para definir quién ha de participar. El pluralismo es una teoría de la democracia basada en las acciones de los grupos de interés organizados voluntariamente. Los ciudadanos asumen unirse y apoyar estos grupos para fomentar sus intereses, de modo que el gobierno democrático es visto como el funcionamiento libre y exitoso de estos grupos a través de la interacción de los unos con los otros y con el gobierno. La participación directa, en cambio, se basa en la noción de que la gobernabilidad democrática implica la participación de los individuos como individuos en el establecimiento de las diferentes políticas. La comparación de las diferencias y de las semejanzas nos proporciona una visión mayor y más amplia de lo que significa defender que alguna forma de participación es democrática.

Ambas teorías comparten una serie de presupuestos comunes. Por ejemplo, exigen que los ciudadanos participen en la formación de las políticas de manera que vayan más allá del mero acto de depositar un voto en una urna y dejar el resto a la élite de políticos y al estado administrativo, para que se dé un adecuado funcionamiento de la democracia. Aunque la forma de participación difiere, ambas teorías rechazan aquella definición de la democracia según la cual ésta no es nada más que un proceso para elegir un gobierno en el que las élites compiten para conseguir el apoyo de las masas. Ambas teorías requieren que la participación sea significativa en dos sentidos: que capacite a los ciudadanos mejor para comprender sus intereses, y cómo éstos pueden afectar a las decisiones que tienen un impacto sobre sus intereses, por un lado, y que capacite a los ciudadanos para que tengan alguna clase de influencia sustantiva sobre los resultados de la política actual, por otro. Pero también hay una serie de divergencias entre ambas teorías. Los pluralistas están comprometidos con las acciones de los grupos, mientras que la participación directa está comprometida con los individuos. Para los pluralistas, los grupos son organizaciones voluntarias a las que la gente se une y apoya para potenciar sus intereses. Mediante la actuación colectiva, la gente puede promover sus intereses de forma mucho más eficaz que del modo en que lo harían como individuos. A causa de que los grupos son voluntarios, la gente puede formar tantos grupos como desee, y los individuos pueden pertenecer a tantos grupos como quieran. Las democracias pluralistas pueden funcionar correctamente sólo si los grupos pueden funcionar

correctamente. Por otra parte, la participación directa insiste en la autoridad de los individuos. Este requisito tiene serias implicaciones sobre lo que cuenta como participación. No es suficiente con unirse a un grupo. La gente debe participar directamente como individuos. Ambas teorías también difieren acerca de lo que enfatizan. El pluralismo enfatiza el resultado, cómo se distribuyen los beneficios y los riesgos a lo largo de la sociedad. En cambio, la participación directa enfatiza dos elementos, los resultados y los efectos educativos y psicológicos sobre los participantes. Esta diferencia establece importantes divergencias en cómo las teorías ven a las personas y a los efectos de la actividad política sobre ellos. Los pluralistas establecen la necesidad de ciertas pre-condiciones sociales para que el sistema democrático funcione correctamente.

De modo que, desde la teoría de la participación directa, los actores que han de participar son:

- ?? Personas directamente afectadas por la innovación tecnológica o la intervención ambiental.
- ?? Público involucrado, es decir público directamente afectado en potencia.
- ?? Consumidores de los productos de la ciencia-tecnología.
- ?? Público interesado por motivos políticos e ideológicos.
- ?? Comunidad científica e ingenieril.

Y desde la teoría pluralista

- ?? grupos de ciudadanos,
- ?? organizaciones no gubernamentales (ONGs),
- ?? asociaciones de científicos.

En este punto es interesante ver cómo los argumentos normativos que establece Fiorino son importantes no sólo en tanto que razones válidas que fundamentan la participación del público como criterios normativos para evaluar los diferentes mecanismos de participación, sino también como criterios que nos permiten definir al público. A este respecto, Perhac examina cómo cada uno de los argumentos de Fiorino implica y lleva a una concepción diferente del público. Al mismo tiempo, mantiene que sólo en el contexto de estas razones específicas para la implicación del público puede plantearse y responderse significativamente a la cuestión de quién es el público. Es decir, la cuestión del quién es el público no es una cuestión puramente descriptiva, sino que se inserta necesariamente en presuposiciones normativas.

Revisemos ahora, sobre la base de las condiciones anteriores, algunas de las principales opciones de participación pública que han sido ensayadas en diversos países, especialmente Estados Unidos, Australia, Reino Unido, Suecia y los Países Bajos, posiblemente los más dinámicos en este sentido (Méndez Sanz y López Cerezo 1996; García Palacios 1998).

En primer lugar, en el ámbito administrativo, destacan:

*Las audiencias públicas:* son habitualmente foros abiertos y poco estructurados donde, a partir de un programa previamente determinado por los representantes de la administración, se invita al público a escuchar las propuestas gubernamentales y comentarlas.

*La gestión negociada:* se desarrolla por parte de un comité negociador compuesto por representantes de la administración y grupos de interés implicados, por ejemplo la industria, asociaciones profesionales y organizaciones ecologistas. Los participantes tienen acceso a la información relevante, así como la oportunidad de persuadir a otros y alinearlos con su posición. Los representantes gubernamentales se comprometen (en la medida que estén autorizados) a asumir públicamente como propio el posible consenso alcanzado.

*Los paneles de ciudadanos:* este tipo de mecanismo está basado en el modelo del jurado, aunque aplicado a temas científico-tecnológicos y ambientales. Bajo este epígrafe pueden agruparse tanto modelos con carácter decisorio o meramente consultivos. La idea que los inspira es que ciudadanos corrientes (elegidos por sorteo o por muestreo aleatorio) se reúnan a considerar un asunto en el que no son expertos. Tras haber recibido información de peritos y autoridades, los ciudadanos han de discutir alternativas y de emitir recomendaciones a los organismos oficiales. Estos paneles, al contrario que las audiencias públicas, permiten una búsqueda activa de evidencia, interrogar a expertos y una exploración más profunda de los problemas abordados.

*Las encuestas de opinión:* sobre diversos asuntos relacionados con la innovación tecnológica o la intervención ambiental. Su propósito es proporcionar un testimonio de la percepción pública sobre un asunto determinado, de modo que pueda ser tenida en cuenta por el poder legislativo o el ejecutivo.

En segundo lugar, en el ámbito judicial, quizá más familiar para nosotros es

*La litigación:* que se han convertido en muchos países occidentales en el principal procedimiento que tienen los ciudadanos para restringir y dirigir el cambio tecnológico.

Y, por último, dentro de los países con una economía de mercado encontramos:

*El consumo diferencial* de productos científico-tecnológicos, sean frigoríficos, alimentos o prendas de vestir, en aquellos países cuyas legislaciones nacionales sobre etiquetado permitan ejercer esta forma de control social (véase Todt y Luján 1997).

Todos los procedimientos administrativos y judiciales, en particular, presentan puntos débiles y puntos fuertes, dependiendo del criterio de participación democrática considerado. En casos prácticos parece conveniente adecuar el mecanismo de participación a las características concretas que se presenten en cada situación. Por ejemplo, ante problemas fuertemente ideologizados no suele recomendarse un procedimiento de participación que involucre la interacción cara-a-cara, puesto que tiende a radicalizar las posturas; mientras que ante decisiones concernientes a localización de recursos, tal forma de interacción es viable y positiva (Syme y Eaton 1989).

Debe destacarse, con Krimsky (1984), la importancia de que la participación tenga un carácter activo. Una participación reactiva identifica ésta con percepción pública o bien con mera opinión pública, entendidas como interferencia externa que es necesario incorporar a la gestión (con lo cual serían suficientes mecanismos de sondeo o, a lo sumo, consultivos). Entender de este modo la participación pública es crear riesgos de manipulación e inestabilidad, así como omitir una aportación potencialmente valiosa (la del conocimiento popular local y los actores sociales implicados) en la resolución de problemas relacionados con la innovación tecnológica y la intervención ambiental. En este sentido, la complejidad de los problemas abordados actualmente por la ciencia y la tecnología, y la presencia de valores e intereses “externos” en el conocimiento especializado, hacen de la pluralidad de perspectivas y la participación social un bien valioso tanto desde un punto de vista político como desde el estrictamente práctico.

Por último, dos cautelas que es necesario expresar. En primer lugar, las posibilidades de participación comentadas constituyen iniciativas que no pueden copiarse sin más de los países donde están siendo ensayadas con éxito. Las tradiciones, los derechos y las prácticas nacionales introducen siempre unas peculiaridades que necesitan ser tenidas en cuenta. En segundo lugar, se trata de iniciativas que, además de medidas administrativas o legislativas, reclaman también un importante esfuerzo en el ámbito formativo con el fin de articular una opinión pública crítica, informada y responsable. El objetivo es optimizar esos mecanismos de participación, es decir, que el público pueda manifestar su opinión, ejerza su derecho al voto o pueda simplemente comprar sabiendo lo que hace en función de las opciones disponibles. Y en este objetivo la educación CTS es una pieza fundamental.

### Lecturas complementarias

Alonso, A., I. Ayestarán y N. Ursúa (eds.) (1996), *Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Estella, EVD.

González García, M., J.A. López Cerezo y J.L. Luján (eds.) (1997), *Ciencia, Tecnología y Sociedad: lecturas seleccionadas*, Barcelona, Ariel.

Sanmartín, J. et al. (eds.) (1992), *Estudios sobre sociedad y tecnología*, Barcelona, Anthropos.

VV. AA.. “Estudios sobre Tecnología, Ecología y Filosofía”. <http://www.campus-oei.org/cts/tef00.htm>

### 5. Ciencia, tecnología y reflexión ética

Una reflexión final puede ejemplificar la importancia de combinar los temas y enfoques de las diferentes tradición de trabajo en los estudios CTS, así como la importancia que en este marco cobra el análisis ético y el compromiso moral. Se trata de una provocadora reflexión sobre el actual divorcio ciencia-sociedad, elaborada básicamente a partir de Freeman Dyson (1997) y López Cerezo (1998).

Godfrey Hardy, el gran matemático inglés de la primera mitad de siglo, 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” (Hardy 1940, p. 118).*

Hardy profería estas duras palabras en su libro *Autojustificación de un matemático*, donde por cierto se vanagloriaba de que su vida había estado dedicada a la creación de un arte abstracto totalmente inútil, la matemática pura, sin ninguna aplicación práctica. Es cierto que Hardy escribió esas palabras en medio de una guerra, una guerra por la que se desarrollan innovaciones como el radar o los ordenadores electrónicos. 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), tienen por desgracia una mayor actualidad de la que probablemente nos gustaría reconocer (Dyson 1997).

La ciencia y la tecnología actual no suelen actuar precisamente como agentes niveladores, del mismo modo que 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 naciones. Sólo una pequeña porción de la humanidad puede permitirse el lujo de un teléfono celular o un ordenador conectado a Internet. Cuando esa ciencia y tecnología no destruyen 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 actual son desde luego muy eficaces, el problema es si sus objetivos son socialmente valiosos.

¿Qué ocurre con la ciencia y la tecnología actual? ¿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 esotérica que sólo produce bienestar social para los propios científicos. Se trata, no obstante, de líneas de investigación que, por la infraestructura material o los grandes equipos humanos requeridos, consumen un ingente volumen de recursos públicos.

A su vez, la ciencia aplicada y la tecnología actual está en general demasiado vinculada al beneficio inmediato, al servicio de los ricos o de los gobiernos poderosos, por decirlo de un modo claro. Sólo una pequeña porción 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.

Sin olvidar, para completar este oscuro 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. 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 era de esperar, la rentabilidad económica. Al tiempo, se movilizan los recursos de la divulgación tradicional de la ciencia, en periódicos, museos y escuelas, para difundir una imagen esencialista y benemérita de la ciencia, una ciencia que sólo funcionará óptimamente si se mantiene su financiación y autonomía frente a la sociedad.

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 recursos. [El desafío de nuestro tiempo es abrir esos despachos, esas comisiones, a la comprensión y la participación pública. Abrir, en suma, la ciencia a la luz pública y a la ética.](#)

[Este es el nuevo contrato social que se reclama en foros como el del Congreso de Budapest, 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 influir sobre sus prioridades y objetivos, reorientándolos hacia las auténticas necesidades sociales, es decir, aquellas necesidades que emanen de un debate público sobre el tema.](#)

Para apreciar adecuadamente el papel de la ciencia en el mundo actual, es importante ser conscientes de la importancia que tiene hoy la visibilidad pública de los resultados científicos. La ciencia contemporánea, la llamada *Big Science*, es una actividad que requiere un gran volumen de financiación. Los grandes equipos de la investigación científico-técnica actual necesitan importantes recursos humanos y materiales, es decir, medios económicos. Los reclamos publicitarios de la ciencia, sus promesas en ocasiones desmesuradas en los medios de comunicación, son estrategias de movilización social destinadas a consolidar líneas de investigación o grupos de investigadores. La ciencia, a este respecto, no es muy diferente de la política o el fútbol: su éxito en la captación de recursos pasa hoy con frecuencia por los medios de comunicación. Pero esto no es todo. En un mundo de competición internacional y libre mercado, donde la innovación científico-técnica tiene un valor económico decisivo, el escaparate de la ciencia puede revalorizar acciones de compañías multinacionales o incluso estimular sectores productivos completos.

Con todo, hacer de la ciencia una ventaja empresarial competitiva y un elemento de movilización social no es desvirtuar a la ciencia, aunque sí la distancia del ideal decimonónico de empresa benemérita desinteresada. Se producen armas y se elaboran vacunas, que, a su vez, dan lugar a prestigio y beneficios. Sin embargo, esa tendencia actual a hinchar artificialmente las noticias relacionadas con la ciencia y la tecnología, sí puede generar una cierta desconfianza y recelo entre la opinión pública. Cuando se anuncia a bombo y platillo el descubrimiento de la fusión fría, con la consiguiente lluvia de millones para los protagonistas y las instituciones de las que dependen, para desmoronarse poco después entre acusaciones de fraude y auto-engaño; cuando el Presidente de los EE.UU. (W. Clinton) anuncia el descubrimiento de vida no terrestre en un meteorito presuntamente de origen marciano, en un momento delicado para la financiación de la NASA, deshichándose el globo poco después entre pruebas circunstanciales y evidencia indirecta; cuando cada día aparece un nuevo gen responsable de casi cualquier cosa, consolidando un grupo de trabajo o las acciones de una compañía farmacéutica, y se arma un pequeño revuelo público del que poco más tarde no se vuelve a tener noticia; ... cuando suceden estas cosas el público inteligente comienza a suspender el juicio y puede llegar a contemplar a la ciencia con escepticismo.

Para ello necesitamos 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. Pues, como añade Dyson (1997, p. 48) haciéndose eco de Haldane y Einstein, el progreso ético (y también epistemológico, debemos añadir) es en última instancia la única solución para los problemas causados por el progreso científico y tecnológico.

La **Cumbre de Budapest** puede considerarse un éxito pues, aunque sin compromisos concretos de carácter legal o económico, consiguió producir un consenso mundial sobre el texto de la Declaración y el perfil que debería adoptar ese nuevo contrato social para la ciencia; un consenso donde las cuestiones éticas y la participación pública adquirieron un lugar prominente. Los estudios CTS pueden constituir una valiosa herramienta para ese fin y para mantener en la agenda de los gobiernos la temática de Budapest.

El contenido de los documentos aprobados y los temas tratados en Budapest son de una extraordinaria importancia en el mundo contemporáneo: problemas y desafíos como el de la responsabilidad social de los científicos y tecnólogos, el papel del estado en la financiación de la ciencia, la reorientación de las prioridades de investigación hacia las necesidades reales de la población, las profundas asimetrías en los sistemas de I+D (investigación y desarrollo) de diversas naciones y regiones, la integración de las mujeres y grupos sociales desfavorecidos en los sistemas de investigación, la actitud ante otras formas de conocimiento no asimiladas por la ciencia occidental, los cambios en la educación científica y los modelos de comunicación de la ciencia, etc. Estos eran algunos de los temas tratados en

## Lecturas complementarias

González Ávila, M. “La evaluación en las instituciones democráticas sobre la ciencia y la ética de sus procedimientos”. <http://www.campus-oei.org/cts/mgonzalez2.htm>



Acevedo Pineda, E. “La formación humana integral: Una aproximación entre las humanidades y la ciencia”. <http://www.campus-oei.org/cts/elsa1.htm>

Martinez Alvarez, F. “Hacia una visión social integral de la ciencia y la tecnología”. <http://www.campus-oei.org/cts/vision.htm>

## 6. La educación CTS

La democracia presupone que los ciudadanos, y no sólo sus representantes políticos, tienen la capacidad de entender alternativas y, sobre tal base, expresar opiniones y, en su caso, tomar decisiones bien fundadas. En este sentido, el objetivo de la educación en CTS, tanto en el ámbito educativo y de formación pública, es la alfabetización para propiciar la formación de amplios segmentos sociales de acuerdo con la nueva imagen de la ciencia y la tecnología que emerge al tener en cuenta su contexto social.

Los enfoques en CTS también aspiran a que la alfabetización contribuya a motivar a los estudiantes en la búsqueda de información relevante e importante sobre las ciencias y las tecnologías de la vida moderna, en la perspectiva de que puedan analizarla y evaluarla, reflexionar sobre esta información, definir los valores implicados en ella y tomar decisiones al respecto, reconociendo que su propia decisión final está asimismo inherentemente basada en valores (Cutcliffe 1990).

*“Las unidades curriculares STS [CTS] -bien sea integradas en programas ya establecidos en ciencia, tecnología e ingeniería, ciencias sociales, o en cursos de arte y lenguas; o bien estructuradas como cursos independientes- contemplan, generalmente, cinco fases: 1) Formación de actitudes de responsabilidad personal en relación con el ambiente natural y con la calidad de vida; 2) toma de conciencia e investigación de temas CTS específicos, enfocados tanto en el contenido científico y tecnológico, como en los efectos de las distintas opciones tecnológicas sobre el bienestar de los individuos y el bien común; 3) toma de decisiones con relación a estas opciones, tomando en consideración factores científicos, técnicos, éticos, económicos y políticos; 4) acción individual y social responsable, encaminada a llevar a la práctica el proceso de estudio y toma de decisiones, generalmente en colaboración con grupos comunitarios (por ejemplo, “talleres científicos”, grupos ecologistas, etc.); 5) generalización a consideraciones más amplias de teoría y principio, incluyendo la naturaleza “sistémica” de la tecnología y sus impactos sociales y ambientales, la formulación de políticas en las democracias tecnológicas modernas, y los principios éticos que puedan guiar el estilo de vida y las decisiones políticas sobre el desarrollo tecnológico. En otro lugar, he llamado a estas fases progresivas el “Ciclo de Responsabilidad” (Waks 1990).*

Desde mediados del siglo XX, la tendencia en la enseñanza de las ciencias ha estado centrada en los contenidos, con un fuerte enfoque reduccionista, técnico y universal (Novak, 1988). Se sabe que el conocimiento científico se olvida al poco tiempo de haberse aprendido, lo que permite cuestionar las formas de instrucción tradicional que se llevan a cabo en los centros docentes. Y lo que es más grave, la enseñanza científica no aporta competencias para los planos profesional o personal. En otras palabras, el enciclopedismo característico de las escuelas no forma para tomar decisiones esenciales con espíritu crítico (Giordan et al, 1994).

Las prácticas de los docentes de ciencias recaen, la mayoría de las veces, en un conjunto de elementos que refuerzan el aprendizaje memorístico, lleno de datos, acrítico y descontextualizado (Schiefelbein, 1995). Poco propician la comprensión sobre la forma como se produce el conocimiento científico y lo que significan variados asuntos relacionados con la dinámica de la ciencia, sus procesos de cambio y de ruptura, así como los impactos que surgen de los usos del conocimiento científico y tecnológico en los diferentes ámbitos de la vida contemporánea.

Es en este contexto que se percibe la necesidad de un proceso de educación científica, entendida como alfabetización científica y tecnológica. Con ella se pretende que cada ciudadano pueda participar en el proceso democrático de tomar decisiones sobre aspectos del desarrollo de la ciencia y la tecnología, para promover una acción ciudadana encaminada a la resolución de problemas relacionados con este desarrollo en las sociedades contemporáneas (Waks, 1990).

## 6.1. CTS en el nivel universitario

Un elemento clave del cambio de la imagen de la ciencia y la tecnología propiciado por los estudios CTS consiste en la renovación educativa, tanto en contenidos curriculares como en metodología y técnicas didácticas. En este sentido se han desarrollado los programas educativos CTS, implantados en la enseñanza superior de numerosas universidades desde finales de los años 60 (Solomon 1992; Yager 1993; VV.AA. 1998).

En este ámbito de la enseñanza superior, los programas CTS suelen ofrecerse como especialización de postgrado (cursos, diplomaturas, Master) o complemento curricular pregrado para estudiantes de diversas procedencias:

Se trata, por un lado, de proporcionar una formación humanística básica a estudiantes de ingenierías y ciencias naturales. El objetivo es desarrollar en los estudiantes una sensibilidad crítica acerca de los impactos sociales y ambientales derivados de las nuevas tecnologías o la implantación de las ya conocidas, transmitiendo a la vez una imagen más realista de la naturaleza social de la ciencia y la tecnología, así como del papel político de los expertos en la sociedad contemporánea.

Por otro lado, se trata de ofrecer un conocimiento básico y contextualizado sobre ciencia y tecnología a los estudiantes de humanidades y ciencias sociales. El objetivo es proporcionar a estos estudiantes, futuros jueces y

abogados, economistas y educadores, una opinión crítica e informada sobre las políticas tecnológicas que los afectarán como profesionales y como ciudadanos. Esta educación debe así capacitarlos para participar fructíferamente en cualquier controversia pública o discusión institucional sobre tales políticas.

*En su célebre Conferencia Rede de 1959, C.P. Snow hablaba de una escisión de la vida intelectual y práctica de occidente en dos grupos polarmente opuestos, separados por un abismo de incompreensión mutua. Se refería a las culturas humanística y científico-técnica. El propósito principal de la educación CTS es tratar de cerrar esa brecha entre dos culturas, puesto que ésta constituye el mejor caldo de cultivo para el desarrollo de peligrosas actitudes tecnófobas, además de dificultar la participación ciudadana en la transformación tecnológica de nuestras formas de vida y ordenamiento institucional (Snow 1964).*

### Lecturas complementarias

Arana Ercilla, M. y Batista Nuris, T. “La educación en valores: una propuesta para la formación profesional”. <http://www.campus-oei.org/cts/ispaje.htm>

López Cerezo, J. A. y P. Valenti “Educación tecnológica en el siglo XXI”, <http://www.campus-oei.org/cts/edutec.htm>

## 6. 2. CTS en la educación secundaria

Todos los niveles educativos son apropiados para llevar a cabo los cambios en contenidos y metodologías. También en la enseñanza secundaria está teniendo la educación CTS una gran penetración en muchos países, con la elaboración de un gran número de programas docentes y un respetable volumen de materiales desde finales de los años 70. A ello ha contribuido el impulso proporcionado por la investigación académica vinculada a la universidad, así como por organismos intergubernamentales como la UNESCO o la Organización de Estados Iberoamericanos (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 Asociación Nacional de Profesores de Ciencias norteamericana (*National Science Teachers Association*) y la Asociación para la Enseñanza de la Ciencia británica (*Association for Science Education*). En el caso particular de España, ha sido decisiva la creación, en numerosas comunidades autónomas, de la materia “Ciencia, Tecnología y Sociedad” como asignatura optativa en la fase final de la enseñanza secundaria, así como eje transversal para las materias de ciencias, desde principios de los años 90.

*Una de las experiencias más notables de educación en ciencias, a partir de CTS, en la secundaria, es la llevada a cabo en el Science Education Center de la Universidad de Iowa. Entre los resultados obtenidos se concluye, que la orientación CTS en la educación en ciencias mejora la creatividad, la comprensión de los conceptos científicos y contribuye a desarrollar en el estudiante una actitud positiva hacia la ciencia y el aprendizaje de la ciencia*

*(Yager 1993; Penick 1992). Obviamente, este proceso requiere de contar con un programa de formación a los docentes, capaz de proporcionar las bases teóricas y la aplicación práctica del enfoque CTS.*

Los diferentes programas de CTS existentes en educación secundaria pueden clasificarse en tres grupos (Waks 1990; Kortland 1992; Sanmartín, y Luján López 1992): introducción de CTS en los contenidos de las asignaturas de ciencias (injertos CTS); la ciencia vista a través de CTS; y, por último, CTS pura.

*Injertos CTS:* se trata de que en las asignaturas de ciencias de los currícula, se les haga un añadido temático tipo CTS, especialmente relacionado con aspectos que lleven a los estudiantes a ser más conscientes de las implicaciones de la ciencia y la tecnología. Ejemplos de esta línea de trabajo son el Proyecto SATIS y el Harvard Project Physics en Estados Unidos. El proyecto SATIS, consiste en unidades cortas CTS, elaboradas por docentes, que desde 1984 ha publicado más de 100 de éstas unidades cuya utilidad principal es complementar los cursos de ciencias. Algunos títulos son: el uso de la radiactividad, los niños probeta, el reciclaje del aluminio, la lluvia ácida o el SIDA.

*Ciencia y tecnología a través de CTS:* se enseña mediante la estructuración de los contenidos de las asignaturas de tipo científico o tecnológico, a partir de CTS, o con orientación CTS. Esta estructuración se puede llevar a cabo bien por disciplinas aisladas, bien por medio de cursos pluridisciplinarios, incluso por líneas de proyectos pedagógicos interdisciplinarios. Un ejemplo del primer caso es el programa neerlandés conocido como PLON (Proyecto de Desarrollo Curricular en Física). Se trata de un conjunto de unidades, en donde en cada unidad se toma un problema básico relacionado con los papeles futuros del estudiante (como consumidor, como ciudadano, como profesional); a partir de ahí se selecciona y se estructura el conocimiento científico y tecnológico necesario para que el estudiante esté capacitado para entender un artefacto, tomar una decisión o entender un punto de vista sobre un problema social relacionado de algún modo con la ciencia y la tecnología.

*Algunas de las virtudes de los cursos de ciencia a través de CTS son las siguientes (Waks 1990): 1. Los alumnos con problemas en las asignaturas de ciencias aprenden conceptos científicos y tecnológicos útiles a partir de este tipo de cursos. 2. El aprendizaje es más fácil debido a que el contenido está situado en el contexto de cuestiones familiares y está relacionado con experiencias extraescolares de los alumnos. 3. El trabajo académico está relacionado directamente con el futuro papel de los estudiantes como ciudadanos.*

*CTS pura:* significa enseñar CTS en donde el contenido científico juega un papel subordinado. En unos casos el contenido científico se incluye para enriquecer la explicación de los contenidos CTS en sentido estricto, en otros las referencias a los temas científicos o tecnológicos se mencionan pero no se explican. El programa más representativo de CTS pura es SISCON in Schools. Se trata de una adaptación a la educación secundaria del programa universitario británico SISCON (Ciencia en Contexto Social). En la educación secundaria, SISCON es un proyecto

que usa la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia y la tecnología para mostrar cómo se han abordado en el pasado cuestiones sociales vinculadas a la ciencia y la tecnología, o como se ha llegado a cierta situación problemática en el presente.

*CTS pura puede cumplir ciertas funciones. Si no se cuenta en el currículum con otros elementos CTS, esta versión puede ser útil para intentar remediar esta situación en la medida de lo posible. Pero sobre todo puede ser de gran ayuda en los cursos y asignaturas de humanidades y ciencias sociales que en general no suelen ocuparse de cuestiones sociales, políticas o morales relacionadas con la ciencia y la tecnología* (González García, M., J.A. López Cerezo y J.L. Luján 1996).

La educación en CTS no solo comprende los aspectos organizativos y de contenido curricular, debe alcanzar también los aspectos propios de la didáctica. Para empezar, es importante entender que el objetivo general del docente es la promoción de una actitud creativa, crítica e ilustrada, en la perspectiva de construir colectivamente la clase y en general los espacios de aprendizaje. En dicha “construcción colectiva” se trata, más que de manejar información, de articular conocimientos, argumentos y contra-argumentos, sobre la base de problemas compartidos, en este caso relacionados con las implicaciones del desarrollo científico-tecnológico.

Bajo este concepto de construcción colectiva, la resolución de los problemas comprende el consenso y la negociación, así como tener en cuenta permanentemente el conflicto, en donde el docente juega un papel de apoyo para proporcionar materiales conceptuales y empíricos a los alumnos, para la construcción de puentes argumentativos. Esta actitud del docente no es, pues, la del tradicional depositario de la verdad, más bien intenta reflejar pedagógicamente los propios procesos científico-tecnológicos reales, con la presencia de valores e incertidumbre, aunque asumiendo siempre la responsabilidad de conducir el proceso enseñanza-aprendizaje desde su propia experiencia y conocimientos.

*De acuerdo con Leonardo Waks, para introducir cambios estructurales en el sistema educativo, con el fin de realizar una educación tipo CTS, se requiere: “ a) un traslado de la autoridad desde el profesor y los materiales de texto hasta los estudiantes, individual y colectivamente; b) un cambio en la focalización de las actividades de aprendizaje desde el estudiante individual hasta el grupo de aprendizaje; c) un cambio en el papel de los profesores como dispensadores de información autorizada; desde una autoridad posicional a una autoridad experiencial en la situación de aprendizaje”* (Waks 1993, pp. 16-17).

## Lecturas complementarias

VV. AA. “Monográfico: Ciencia, Tecnología y Sociedad ante la educación” en *Revista iberoamericana de educación*. Número 18, <http://www.campus-oei.org/oeivirt/rie18a03.htm>

Vilches, A. y Furió, C. “Ciencia, Tecnología y Sociedad: implicaciones en la educación científica para el siglo XXI”, <http://www.campus-oei.org/cts/ctseduacion.htm#aa>

## 7. Conclusión

Como podemos ver en todos los enfoques de la tradición europea, existe una diversidad de aproximaciones que, aun coincidiendo en resaltar los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología, presentan algunas diferencias en lo que respecta a su alejamiento de la visión más tradicional de la ciencia y la tecnología. En general, y con la excepción de algunos radicalismos, muchos autores actuales en los estudios CTS aceptan la concurrencia de una diversidad de factores, epistémicos y no epistémicos, en los procesos de génesis y consolidación de afirmaciones de conocimiento científico y artefactos tecnológicos. Aunque, es necesario también hacer notar que en ningún caso se trata de descalificar la ciencia o la tecnología, sino más bien de desmitificar en el sentido de normalizar una imagen distorsionada de la ciencia-tecnología que había pasado a causar más inconvenientes que ventajas. En particular, el propósito de la sociología del conocimiento científico de los años 70 no era realizar una crítica radical de la ciencia, sino más bien el de hacer una ciencia de la ciencia, es decir, hacer del conocimiento científico también objeto de estudio de las ciencias sociales (Fuller 1995).

La tradición americana de estudios CTS, en cambio, centrada en las consecuencias sociales y ambientales relacionadas con el desarrollo científico-tecnológico, ha buscado definir y promover nuevas reglas de juego en torno a la regulación social de la ciencia y la tecnología, a partir de la participación de diversos actores sociales (afectados, interesados, gobierno, expertos, organizaciones no gubernamentales, entre otros), en condiciones éticas, de igualdad, representación y efectividad en todo el proceso.

Finalmente, se ha visto como los estudios CTS, han logrado permear los procesos educativos, tanto en la enseñanza superior como en la secundaria, y crecientemente en las esferas de divulgación científica. La diversidad de estrategias, tanto como las experiencias didácticas ensayadas, hacen del tema un campo prometedor para su promoción en los sistemas educativos de Iberoamérica, acercando la ciencia a la sociedad y también ésta a aquélla.

## 8. Actividades

1. Participa en el contenido: revisa publicaciones de divulgación científica e identifica la concepción de la naturaleza de la ciencia, así como sus relaciones con la tecnología y la sociedad, propuesta en tales publicaciones.
2. Aplica el contenido: a partir de esta unidad, elabora un texto corto para tus alumnos, utilizando enciclopedias u otros medios de documentación, de los éxitos y fracasos de algún artefacto o sistema técnico que permitan crear una polémica, por ejemplo los trasplantes de órganos y su manipulación comercial, el uso civil de la energía nuclear y sus riesgos potenciales, el uso de pesticidas en la agricultura, etc.

3. Desarrolla el contenido: aplica el texto que has elaborado en alguna asignatura del currículum, extendiendo tal conflicto en el ámbito escolar, evaluando los valores de los estudiantes frente al tema de la ciencia.
4. Propon una alternativa (opcional): elabora una propuesta completa (identificando temáticas, materiales, tiempos, y secuencias de aprendizaje), para explicarles a los alumnos qué es Ciencia, Tecnología y Sociedad, y su importancia en las sociedades actuales.

## 9. Ejercicios de autoevaluación

1. Explica cuáles son los argumentos básicos para entender el malestar por la ciencia y la tecnología, que surge desde la posguerra.
2. De manera sintética expresa en qué consisten los estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad.
3. Explique brevemente cuáles son los enfoques y las didácticas de los estudios CTS más conocidos en la educación secundaria.

## 10. Soluciones a los ejercicios de autoevaluación

1. Con la posguerra cobra fuerza la política de “cheque en blanco y manos libres” para los científicos, es decir, una autonomía que estaba respaldada por el supuesto papel benefactor de la ciencia, asegurada por la tecnología como cadena transmisora del conocimiento científico. Sin embargo, la década de los años 60, será testigo de numerosos accidentes y desequilibrios originados por el desarrollo científico-tecnológico, frente a los cuales, una protesta social de diversos niveles de intensidad será adelantada principalmente en los E.E.U.U, y en diversos países europeos. El problema fundamental que se aborda, es la necesidad de revisar los criterios por los cuales se decide el tipo de investigación científica, se cuestiona a quién sirve ésta, y cómo se puede construir un proceso abierto, democrático y transparente que regule la ciencia, a fin de involucrar niveles de participación social que orienten la investigación hacia los problemas de la sociedad.

2. Los estudios CTS buscan comprender los antecedentes sociales del conocimiento científico y tecnológico (tradicción europea), así como las consecuencias sociales y ambientales implicadas en estos procesos (tradicción americana). La ciencia y la tecnología son considerados como productos sociales donde factores no epistémicos, desempeñan un papel decisivo en la génesis y consolidación de las teorías científicas y los sistemas tecnológicos. En particular, la tradición europea de los estudios CTS, ha desarrollado diversos esquemas o programas de análisis para explicar la naturaleza del conocimiento científico-tecnológico, a partir de sus aspectos contextuales. Tales programas se caracterizan por centrarse en principios de investigación sociológica, buscando articular el medio social y cultural a los debates y controversias de origen científico, así como a los procesos de evolución tecnológica, entre otros. Mientras que la tradición americana, centrada en las consecuencias del desarrollo científico-tecnológico, busca analizar, diseñar y ensayar procesos de



regulación social del cambio científico-tecnológico, a partir de la participación de diversos actores sociales.

3. Los enfoques CTS más conocidos son:

?? Injertos CTS: son añadidos de estudios o contenidos CTS en los cursos de ciencias.

?? Ciencia a través de CTS: implica una elaboración mayor, ya que demanda estructurar los contenidos de las asignaturas de ciencias a partir de coordenadas CTS.

?? CTS pura: significa enseñar CTS, conceptos o análisis de casos, utilizando la ciencia, por consiguiente ésta como tal juega un papel subordinado.

Las didácticas utilizadas, entre otras posibles:

?? Articulación monográfica: se centra en debates a partir de la articulación de temas CTS a unidades del currículum que involucren casos familiares para los estudiantes.

?? Seminarios participativos: se organizan sobre trabajos en grupo, para aprender a debatir y formular opiniones argumentadas sobre temas o problemas de CTS.

?? Ensayos críticos: son textos cortos que elaboran los estudiantes, estableciendo posturas documentadas y analíticas frente al tema de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

?? Ciencia en vivo: involucra salidas a laboratorios, museos, etc, para relacionarse con la actividad científica.

## 11. Bibliografía

Acevedo Pineda, E. “La formación humana integral: Una aproximación entre las humanidades y la ciencia”. <http://www.campus-oei.org/cts/elsa1.htm>

Alonso, A., I. Ayestarán y N. Ursúa (eds.) (1996), *Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Estella, EVD.

Arana Ercilla, M. y Batista Nuris, T. “La educación en valores: una propuesta para la formación profesional”. <http://www.campus-oei.org/cts/ispaje.htm>

Barnes, B. (1974), *Scientific Knowledge and Sociological Theory*, Londres, Routledge.

Barnes, B. (1985), *Sobre ciencia*, Barcelona, Labor, 1987.

Barnes, B., D. Bloor y J. Henry (1996), *Scientific Knowledge: A Sociological Analysis*, Londres, Athlone.

Bijker, W. (1995), *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*, Cambridge (Mass.), MIT Press.

Bijker, W.E., T.P. Hughes y T. Pinch (eds.) (1987), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge (Mass.), MIT Press.

Bloor, D. (1976/1992), *Conocimiento e imaginario social*, Barcelona, Gedisa, 1998.

Boxsel, J. van (1994), “Constructive Technology Assessment: A New Approach for Technology Assessment Developed in the Netherlands and its Significance for Technology Policy”, en G. Aichholzer y G. Schienstock (eds.), *Technology Policy: Towards an Integration of Social and Ecological Concerns*, Berlín, De Gruyter, 1994.

Braun, E. (1984), *Tecnología rebelde*, Madrid, Tecnos/Fundesco, 1986.

Bunge, M. (1993), *Sociología de la ciencia*, Buenos Aires, Ed. Siglo Veinte.

- Burns, T.R. y R. Ueberhorst (1988), *Creative Democracy: Systematic Conflict Resolution and Policymaking in a World of High Science and Technology*, Nueva York, Praeger.
- Bush, V. (1945/1980), *Science, The Endless Frontier*, National Science Foundation.
- Carroll, L. (1887/1972), *El juego de la lógica*, ed. de A. Deaño, Madrid, Alianza.
- Carson, R. (1962), *La primavera silenciosa*, Barcelona, Grijalbo, 1980.
- Collins, H.M. (1985/1992), *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, Chicago, University of Chicago Press.
- Collins, H. y T. Pinch (1993), *El gólem: lo que todos deberíamos saber acerca de la ciencia*, Barcelona, Crítica, 1996.
- Cutcliffe, S. "CTS: Un campo interdisciplinar", en Medina, M. y J. Sanmartín (1990), *Ciencia, tecnología y sociedad, Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Barcelona, Anthropos, pp. 20-41.
- Dyson, F. (1997), "Can Science Be Ethical?", *The New York Review of Books* XLIV/6, pp. 46-49.
- Echeverría, J. (1995), *Filosofía de la ciencia*, Madrid, Akal.
- Ferris, T. (1997), "Some Like It Hot", *The New York Review of Books* XLIV/14, pp. 16-20.
- Feyerabend, P. (1975), *Tratado contra el método*, Madrid, Tecnos, 1981.
- Fiorino, D. J. (1990), "Citizen Participation and Environmental Risk: A Survey of Institutional Mechanisms", *Science, Technology, and Human Values* 15/2, pp. 226-243.
- Florman, S. (1876/1994), *The Existential Pleasures of Engineering*, 2ª ed., Nueva York, St. Martin's Griffin.
- Fuller, S. (1995), "On the Motives for the New Sociology of Science", *History of the Human Sciences* 8/2, pp. 117-124.
- Fuller, S. (1999), *The Governance of Science*, Buckingham, Open University Press.
- García Palacios, E. M. (1999), "Consideraciones teóricas y análisis crítico de la gestión pública de la ciencia y la tecnología", en Velarde, J. et al. (1999), *Studia Philosophica*, Oviedo, Universidad de Oviedo.
- Giordan, André, et al, *L'alphabétisation scientifique et technique, XVI Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et industrielles*, París, Université Paris VII, 1994.
- González Ávila, M. "La evaluación en las instituciones democráticas sobre la ciencia y la ética de sus procedimientos". <http://www.campus-oei.org/cts/mgonzalez2.htm>
- González García, M. I., J. A. López Cerezo y J. L. Luján (1996), *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Tecnos.
- González García, M. I., J. A. López Cerezo y J. L. Luján (eds.) (1997), *Ciencia, Tecnología y Sociedad: lecturas seleccionadas*, Barcelona, Ariel.
- Hardy, G.H. (1940), *Autojustificación de un matemático*, Barcelona, Ariel, 1981.
- Illich, I. (1973), *La convivencialidad*, Barcelona, Barral, 1974.
- Iranzo, J.M. et al. (ed.) (1995), *Sociología de la ciencia y la tecnología*, Madrid, CSIC.
- Jasanoff, S. et al. (eds.) (1995), *Handbook of Science and Technology Studies*, Londres, Sage.
- Junker, K. y S. Fuller (1998), *Science and the Public: Beyond the Science Wars*, Buckingham, Open University Press.

- Kortland, J. (1992), "STS in secondary education: Trends and issues", conferencia del Congreso *Science and technology studies in research and education*, Barcelona, 1992.
- 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 la revoluciones científicas*, 2ª ed., México, FCE, 1971.
- Laird, F.N. (1993), "Participatory Analysis, Democracy, and Technological Decision Making", *Science, Technology, and Human Values* 18/3, pp. 341-361.
- Latour, B. (1987), *Ciencia en acción*, Barcelona, Labor, 1992.
- Latour, B. y S. Woolgar (1979/1986), *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*, Madrid, Alianza Universidad, 1995.
- López Cerezo, J.A. (1998), "Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos", *Revista Iberoamericana de Educación* 18, pp. 41-68.
- López Cerezo, J. A. y P. Valenti "Educación tecnológica en el siglo XXI", <http://www.campus-oei.org/cts/edutec.htm>
- Martínez Alvarez, F. "Hacia una visión social integral de la ciencia y la tecnología". <http://www.campus-oei.org/cts/vision.htm>
- Medina, M. y J. Sanmartín (eds.) (1990), *Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Barcelona, Anthropos
- Méndez Sanz, J.A. y J.A. López Cerezo (1996), "Participación pública en política científica y tecnológica", en Alonso et al. (1996).
- Mitcham, C. (1997), "Justifying Public Participation in Technical Decision Making", en *Technology and Society Magazine*, pp. 40-46.
- Mumford, L. (1967-70), *El mito de la máquina*, Buenos Aires, Emecé, 1969.
- Nelkin, D. (1984), "Science and Technology Policy and the Democratic Process", en Petersen (1984).
- Novak, J.D. "Constructivismo humano: un consenso emergente", en *Enseñanza de las ciencias*, 6(3), 1988, pp. 213-223.
- Núñez Jover, J. y López Cerezo, J. A. Ciencia, "Tecnología y Sociedad en Cuba". <http://campus-oei.org/cts/cuba.htm>
- Pacey, A. (1983), *La cultura de la tecnología*, México, FCE, 1990.
- Penick, J. E. (1992), "STS Instruction Enhances Student Creativity", en Yager (1992a).
- Petersen, J.C. (ed.) (1984), *Citizen Participation in Science Policy*, Amherst, University of Massachusetts Press.
- Pinch, T. y W. E. Bijker (1984), "The Social Construction of Gacts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other" en *Social Studies of Science*, 14, pp. 399-441.
- Rodríguez Alcázar, F.J. et al. (eds.) (1997), *Ciencia, tecnología y sociedad: contribuciones para una cultura de la paz*, Granada, Universidad de Granada.
- Salomon, J.-J. et al. (eds.) (1994), *Una búsqueda incierta: ciencia, tecnología y desarrollo*, FCE/Ed. Univ. Naciones Unidas, México, 1996.
- Sánchez Ron, J.M. (1992), *El poder de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- Sanmartín, J. et al. (eds.) (1992), *Estudios sobre sociedad y tecnología*, Barcelona, Anthropos.

- Sanmartín, J. y A. Ortí (1922) “Evaluación de tecnologías” en Sanmartín et al. (1992)
- Sanmartín, J. y J. L. Luján López (1992), “Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad”, en Sanmartín, J. et al. (eds.) (1992), *Estudios sobre sociedad y tecnología*, Barcelona, Anthropos.
- Sanz Menéndez, L. (1997), *Estado, ciencia y tecnología en España: 1939-1997*, Madrid, Alianza.
- Sarewitz, D. (1996), *Frontiers of Illusion: Science, Technology, and the Politics of Progress*, Philadelphia, Temple University Press.
- Schiefelbein, E., *Programa de acción para la reforma educativa en América Latina y el Caribe*, (Trabajo preparado para la Conferencia Anual del banco Mundial para el Desarrollo en América Latina y el Caribe, Río de Janeiro, 12 y 13 de Junio de 1995), UNESCO-OREALC, Junio de 1995.
- Shrader-Frechette, K. (1985), “Technology Assessment, Expert Disagreement, and Democratic Procedures”, en *Research in Philosophy and Technology*, Vol. 8, JAI Press, Nueva York, 1985.
- Snow, C.P. (1964), *Las dos culturas y un segundo enfoque*, Madrid, Alianza, 1977.
- Solomon, J. (1993), *Teaching Science, Technology and Society*, Bukingham, Open University Press.
- Syme, G.J. y E. Eaton (1989), “Public Involvement as a Negotiation Process”, *Journal of Social Issues* 45/1, pp. 87-107.
- Todt, O. y J.L. Luján (1997), “Labelling of Novel Foods, and Public Debate”, *Science and Public Policy* 24/5, pp. 319-326.
- Vilches, A. y Furió, C. “Ciencia, Tecnología y Sociedad: implicaciones en la educación científica para el siglo XXI”, <http://www.campus-oei.org/cts/ctseduacion.htm#aa>
- VV.AA. (1998), *Ciencia, tecnología y sociedad ante la educación*, número monográfico de la *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, sep.-dic. 1998.
- VV.AA. (1993), Ethics and values in science-technology-society education: Converging themes in a basic research project, *Bulletin of science technology and society* 13/6, pp. 1-21.
- VV. AA. . “Estudios sobre Tecnología, Ecología y Filosofía”. <http://www.campus-oei.org/cts/tef00.htm>
- VV. AA. “Monográfico: Ciencia, Tecnología y Sociedad ante la educación” en *Revista iberoamericana de educación*. Número 18, <http://www.campus-oei.org/oeivirt/rie18a03.htm>
- Waks, L (1990), “Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos intelectuales”, en Medina, M. y J. Sanmartín (1990), *Ciencia, tecnología y sociedad, Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Barcelona, Anthropos, pp. 42-75.
- Waks, L. (1993), “Ethics and Values in Science-Technology-Society Education: Converging Themes in a Basic Reserach Project”, en *Bulletin of Science, Technology and Society*, 13/6, pp. 1-21.
- Winner, L. (1986), *La ballena y el reactor*, Barcelona, Gedisa, 1987.
- Woolgar, S. (1988), *Ciencia: abriendo la caja negra*, Barcelona, Anthropos, 1991.
- Wynne, B. (1989), “Frameworks of Rationality in Risk Management: Towards the Testing of Naïve Sociology”, en J. Brown (ed.), *Environmentl Threats. Analysis, Perception, Management*, Belhaven, Random, 1989.

- Yager, R. E. (ed.) (1992a), *The Status of Science-Technology-Society. Reforms Around the World*, International Council of Associations for Science Education/Yearbook.
- Yager, R.E. (1993), "The advantages of STS approaches in science instruction in grades four through nine", *Bulletin of science, technology and society* 13, pp. 74-82.
- Ziman, J. (1984), *Introducción al estudio de las ciencias*, Barcelona, Ariel, 1986.