

## CIENCIA

***Los estudios sociales sobre ciencia y tecnología, o estudios sobre “Ciencia, Tecnología y Sociedad” (CTS), constituyen un nuevo ámbito de trabajo en educación, investigación académica y política pública.***

“*Ciencia, Tecnología y Sociedad*” define hoy un campo de interés bien consolidado donde se trata de entender la ciencia y la tecnología en su contexto social, tanto en lo que respecta a los condicionantes sociales del cambio científico y tecnológico como en lo que atañe a los impactos sociales y ambientales de dicho cambio. El marco de trabajo es de carácter crítico e interdisciplinar, y en él concurren disciplinas tradicionales como la filosofía, la historia de la ciencia, la tecnología, la sociología del conocimiento científico o la economía del cambio técnico.

# CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

## Crítica académica y enseñanza crítica

JOSÉ A. LÓPEZ CEREZO\*

**L**a materia "Ciencia, Tecnología y Sociedad" es de particular actualidad en nuestro país por haber sido introducida por el Ministerio de Educación y Ciencia como asignatura optativa en todos los bachilleratos de la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE) de octubre de 1990. En la enseñanza superior, "Ciencia, Tecnología y Sociedad" o asignaturas afines están también siendo introducidas en los nuevos planes de estudios de diversas titulaciones universitarias, especialmente en los de Humanidades y Ciencias Sociales.

En este artículo realizaremos una aproximación a "Ciencia, Tecnología y Sociedad" como campo de trabajo internacional, comentando brevemente sus antecedentes, justificación y principales orientaciones. Nos detendremos también en las diversas posibilidades de implantación de "Ciencia, Tecnología y Sociedad" en el currículum, y concluiremos con una valoración de las posibilidades que parece ofrecer la enseñanza de la materia "Ciencia, Tecnología y Sociedad" en nuestro país. Para ello nos centraremos particularmente en las líneas maestras trazadas por el Ministerio de Educación y Ciencia en el marco de la LOGSE, discutiendo sus aspectos positivos y negativos, y considerando un modo particular en que pueden optimizarse las ventajas y atenuarse los inconvenientes mediante una adecuada selección de los materiales.

### ¿Qué es "Ciencia, Tecnología y Sociedad"?

Un curioso personaje del cómic *Tintín* es el profesor Tornasol. Su evolución a lo largo de las entregas del cómic es también la evolución de la imagen pública sobre la relación entre ciencia, tecnología y sociedad. De inventor descuidado que producía artefactos no demasiado fiables, en las ediciones anteriores a la Segunda Guerra Mundial, pasando por físico nuclear que hace llegar un cohete a la Luna sólo para beneficio de la humanidad hasta científico preocupado por el uso militar inadecuado de sus descubrimientos, en las ediciones de la "guerra fría". Ciertamente, en las últimas décadas ha cambiado notablemente el modo de entender y regular el cambio científico-tecnológico. Es en este contexto en el que surge el interés por estudiar y enseñar la dimensión social de la ciencia y la tecnología.

La concepción clásica de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, todavía en cierto modo presente en los diversos ámbitos del mundo académico y de los medios de divulgación, es una concepción elitista y triunfalista. Puede resumirse en una simple ecuación: + ciencia = + tecnología = + riqueza = + bienestar

Mediante la aplicación del método científico (como una suerte de combinación de imaginación creadora y observación) y el acatamiento de un severo código de honestidad profesional, se espera que la ciencia produzca la acumulación de conocimiento objetivo acerca del mundo. Ahora bien, como se nos advierte en esta visión clásica, la ciencia sólo puede contribuir al mayor bienestar

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

La expresión política de esa autonomía, donde se señala que la gestión del cambio científico-tecnológico debe ser dejada en manos de los especialistas, es algo que tiene lugar inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial, en una época de intenso optimismo acerca de las posibilidades de la ciencia y de la tecnología y de apoyo incondicional a las mismas. La elaboración doctrinal de ese manifiesto de autonomía con respecto a la sociedad se debe principalmente a Vannevar Bush, un científico norteamericano activamente involucrado en el *Proyecto Manhattan* para la construcción de la primera bomba atómica. El mismo mes de la explosión de prueba en Nuevo México, en julio de 1945, V. Bush entrega al presidente Roosevelt el informe que éste le encargara un año antes: *Science - The Endless Frontier* ("Ciencia: la frontera inalcanzable"). Este informe, que traza las líneas maestras de la futura política científico-tecnológica norteamericana, subraya el modelo lineal de desarrollo (el bienestar nacional depende de la financiación de la ciencia básica y el desarrollo sin interferencias de la tecnología) y la necesidad de mantener la autonomía de la ciencia para que el modelo funcione. El desarrollo tecnológico y el progreso social vendrían por añadidura. La ciencia y la tecnología, que estaban ayudando decisivamente a ganar la guerra mundial, ayudarían también a ganar la "guerra fría". Los Estados industrializados occidentales, siguiendo el ejemplo de EE.UU., se implicarán activamente en la financiación de la ciencia básica.

Sin embargo, mediada la década de los 50, hay indicios de que los acontecimientos no discurren de acuerdo al prometedor modelo lineal unidireccional. Cuando en octubre de 1957 las pantallas de cine y televisión del planeta recogieron el pitido intermitente del Sputnik, un pequeño satélite del tamaño de un balón en órbita alrededor de la Tierra, el mensaje transmitido era muy claro en el mundo de la guerra fría: la Unión Soviética se hallaba en la vanguardia de la ciencia y de la tecnología. Algo estaba fallando en el modelo lineal occidental de desarrollo científico-tecnológico (González García *et al.*, 1996; Sanmartín *et al.*, 1992). Desde entonces, una sucesión de desastres (vertidos de residuos contaminantes, accidentes nucleares, envenenamientos farmacéuticos, etc.) no hace sino confirmar la necesidad de revisar la política científico-tecnológica de cheque en blanco y, con ella, la concepción misma de la ciencia y de la tecnología y de su relación con la sociedad. Es un sentimiento social y político de alerta, de corrección del optimismo de la postguerra, que culmina

en el simbólico año de 1968 con el cénit del movimiento contracultural y de protestas contra la guerra de Vietnam. Los movimientos sociales y políticos contra el sistema sociopolítico hacen de la tecnología moderna y del Estado tecnocrático el blanco de su lucha. El modelo político de gestión acaba transformándose para dar entrada a la regulación pública y a la rendición de cuentas: es el momento de revisión y corrección del modelo unidireccional de progreso como base para el diseño de la política científico-tecnológica. La **convulsión** sociopolítica, como era de esperar, se ve reflejada en el ámbito del estudio académico y de la educación (Medina y Sanmartín, 1990).

El cambio académico de la imagen de la ciencia y la tecnología es un **proceso** que comienza en los años 70 y que aún se halla en fase de consolidación. Se trata de los estudios sobre "Ciencia, Tecnología y Sociedad". La clave se encuentra en presentar la ciencia y la tecnología no como un proceso o **actividad autónoma** que sigue una lógica interna de desarrollo en su funcionamiento óptimo, sino como un proceso o producto inherentemente social donde los elementos no técnicos (por ejemplo, los **valores** morales, las convicciones religiosas, los intereses profesionales, las presiones económicas, etc.) desempeñan un papel decisivo en su génesis y consolidación. En otras palabras, el cambio científico-tecnológico no responde a algo tan simple como una fuerza endógena, un método universal que garantice la **objetividad** de la ciencia y su acercamiento a la verdad, sino que constituye una compleja **actividad** humana, sin duda con un tremendo poder explicativo e instrumental, pero que tiene lugar en contextos sociopolíticos dados. En este sentido, el desarrollo científico-tecnológico no responde simplemente a cómo sea el **mundo externo** y el mundo de las necesidades sociales, pues esos mundos son en buena parte creados o interpretados mediante ese mismo desarrollo (Latour, 1987; Winner, 1986).

Con todo, dentro de los enfoques sobre "Ciencia, Tecnología y Sociedad" es posible identificar dos grandes tradiciones, dependiendo de cómo se entienda la contextualización social de la ciencia y de la tecnología, una de origen europeo y otra americana (González García *et al.*, 1996). Por motivos que quedarán claros más adelante, son las conocidas **irónicamente** como "alta iglesia" y "baja iglesia", respectivamente. La primera se origina en el llamado "programa fuerte" de la sociología del **conocimiento científico**, desarrollado en

**"Se espera que la ciencia produzca la acumulación de conocimiento objetivo acerca del mundo. Análogamente, sólo es posible que la tecnología pueda actuar de cadena transmisora en la mejora social si se respeta su autonomía. Ciencia y tecnología son presentadas así como formas autónomas de la cultura"**

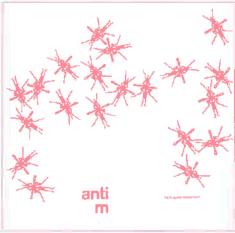
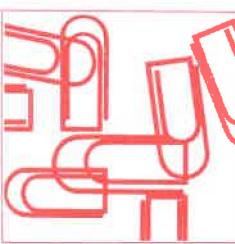
la década de los 70 por autores de la Universidad de Edimburgo como Barry Barnes, David Bloor o Steven Shapin. Esta tradición, que tiene como fuentes principales la **sociología clásica** del conocimiento y una interpretación radical de la obra de Thomas Kuhn, se ha centrado tradicionalmente en el estudio de los **antecedentes** sociales de la ciencia, y lo ha realizado fundamentalmente en el marco de las ciencias sociales. Es por tanto una tradición de investigación académica más que educativa o divulgativa. Actualmente existen diversos enfoques que hunden sus raíces en el programa fuerte, por ejemplo, el constructivismo social de H. Collins (con su Programa Empírico del Relativismo), la teoría de la red de actores de B. Latour, los estudios de reflexividad de S. Woolgar, etc. Desde los años 80, estos enfoques se han aplicado también al estudio de la **tecnología** como proceso social.

Por su parte, la tradición americana se ha centrado más bien en las **consecuencias** sociales (y ambientales) de los productos tecnológicos, descuidando los antecedentes sociales de tales productos. Se trata de una tradición mucho más activista, y profundamente implicada en los movimientos de **protesta** social desarrollados durante los años 60 y 70. Desde un punto de vista académico, el marco de estudio está básicamente constituido por las humanidades (filosofía, historia, teoría política, etc.) y la consolidación institucional de esta tradición se ha producido fundamentalmente a través de la **enseñanza** y de la reflexión política. El movimiento pragmatista norteamericano y la obra de activistas ambientales y sociales como R. Carson o E. Schumacher son el punto de partida de este movimiento en los EE.UU. A pesar de los intentos de colaboración, con un éxito institucional parcial en el mejor de los casos, cada una de estas tradiciones sigue hoy contando con sus propios manuales, congresos, revistas, asociaciones, etc.

Estas tradiciones son, no obstante, elementos complementarios de una **visión crítica** de la ciencia y la tecnología que puede resumirse en el llamado silogismo "Ciencia, Tecnología y Sociedad":

- El desarrollo científico y tecnológico es un **proceso** conformado por factores culturales, políticos y económicos, además de epistémicos. Se trata de valores e intereses que hacen de la ciencia y la tecnología un proceso social.

- El cambio científico-tecnológico es un factor **determinante** principal que contribuye a modelar nuestras formas de vida y orde-



© ARMIN HOFMAN

namiento institucional. Constituye un asunto público de primera magnitud.

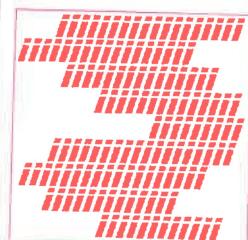
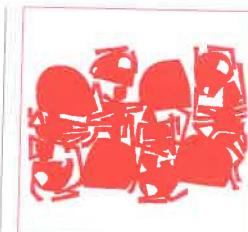
- Compartimos un compromiso democrático básico.

- Por tanto, deberíamos promover la evaluación y el control social del desarrollo científico y 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 "Ciencia, Tecnología y Sociedad" de origen europeo, la segunda recoge los resultados de la tradición americana. El carácter valorativo de la tercera premisa justifica el "deberíamos" de la conclusión. Se trata, en suma, de desmitificar la ciencia y la tecnología situándolas en el contexto social en el que se desarrollan, mostrando los valores, intereses e impactos sociales que hacen de la ciencia y la tecnología una actividad terrenal. No se trata, sin embargo, de proponer una romántica vuelta a la naturaleza primigenia. Ni podemos hacerlo ni probablemente nos gustaría prescindir de vacunas o electricidad. Desmitificar no es descalificar sino situar en el lugar que le corresponde: mostrar las limitaciones y servidumbres de la ciencia y la tecnología, ni más ni menos que al igual que cualquier actividad humana, lo cual es sin duda mejor para la sociedad y también para la ciencia (Barnes, 1982; Lamo de Espinosa *et al.*, 1994).

Como se señala más arriba, una consecuencia importante de los enfoques sobre "Ciencia, Tecnología y Sociedad" se ha producido en el ámbito de la educación, especialmente con relación al enfoque y a los temas de la tradición norteamericana. Me refiero a un planteamiento más crítico y contextualizado de la enseñanza de las ciencias y de los tópicos relacionados con la ciencia y la tecnología. En general, cabe distinguir tres modalidades principales de "Ciencia, Tecnología y Sociedad" en la enseñanza de las ciencias o en humanidades: "Ciencia, Tecnología y Sociedad" como añadido curricular, "Ciencia, Tecnología y Sociedad" como añadido de materias y Ciencia Tecnología a través de "Ciencia, Tecnología y Sociedad" (González García *et al.*, 1996; Sanmartín *et al.*, 1992).

La primera opción consiste en completar el currículum tradicional con una materia de "Ciencia, Tecnología y Sociedad" pura. Se trata entonces de introducir al estudiante en los problemas sociales, ambientales, éticos, etc.



© ARMIN HOFMAN

**"El cambio científico-tecnológico no responde a algo tan simple como una fuerza endógena, un método universal que garantice la objetividad de la ciencia, sino que constituye una compleja actividad humana que tiene lugar en contextos sociopolíticos dados"**

planteados por la ciencia y por la tecnología a través de un curso monográfico. La segunda posibilidad consiste en completar los temas tradicionales de la enseñanza de las ciencias particulares con añadidos de "Ciencia, Tecnología y Sociedad" al final de los temarios correspondientes o intercalando de algún otro modo los contenidos de "Ciencia, Tecnología y Sociedad". Estas dos alternativas han sido adoptadas con la LOGSE en la enseñanza secundaria: a través, respectivamente, de la materia "Ciencia, Tecnología y Sociedad" en el bachillerato y mediante la inclusión de algunos contenidos de "Ciencia, Tecnología y Sociedad" en diversas áreas de la Educación Secundaria Obligatoria.

Una tercera y más infrecuente opción consiste en reconstruir los contenidos de la enseñanza de la ciencia y de la tecnología a través de una óptica "Ciencia, Tecnología y Sociedad". Por ejemplo, el programa neerlandés PLON (Proyecto de Desarrollo Curricular en Física) presenta los conceptos y contenidos tradicionales de la Física al hilo de la discusión crítica de problemas científicos y tecnológicos con relevancia social. Los temas característicos están dedicados a los puentes, las radiaciones ionizantes, el problema de la escasez de agua en África, etc. Por supuesto, esta tercera alternativa, siendo la más consecuente con los planteamientos de "Ciencia, Tecnología y Sociedad", es la más costosa en muchos sentidos. Ante todo supone poner el currículum patas arriba, transgrediendo la docencia compartimentalizada en fronteras disciplinares. Pero, además, requiere un gran esfuerzo en reciclaje del profesorado, reformas en la Administración escolar, en la planificación didáctica, etc.

En el ámbito de la educación, cabe mencionar por último los estudios llevados a cabo por R. Yager y sus colaboradores de la norteamericana Asociación Nacional de Profesores de Ciencias. Son estudios empíricos realizados con escolares de enseñanza media que habían recibido una educación de las ciencias con orientación "Ciencia, Tecnología y Sociedad" (González García *et al.*, 1996). En estos estudios, al contrario de lo que aparentemente podría esperarse, no se constata un aumento del desinterés y el escepticismo respecto a las ciencias por parte de los escolares sino todo lo contrario: una mejora de la creatividad y de la comprensión de conceptos científicos, así como una mayor inclinación por el aprendizaje de la ciencia. La crítica social no produce menosprecio sino más bien interés y compromiso (Sanmartín y Hronszky, 1994).

*"El desarrollo científico y tecnológico es un proceso conformado por factores culturales, políticos y económicos, además de epistémicos. Se trata de valores e intereses que hacen de la ciencia y de la tecnología un proceso social"*

### **"Ciencia, Tecnología y Sociedad" en la LOGSE**

Como comentamos antes, la materia "Ciencia, Tecnología y Sociedad" es introducida por el Ministerio de Educación y Ciencia como asignatura optativa en todos los bachilleratos de la LOGSE. Éste ha sido el disparador para el reciclaje de numerosos profesores de la enseñanza secundaria y de la universidad. De hecho, la aparición de "Ciencia, Tecnología y Sociedad" en la LOGSE ha supuesto un crecimiento exponencial del número de investigadores interesados en "Ciencia, Tecnología y Sociedad", así como de programas docentes organizados en o desde la universidad. De cuatro equipos de investigación a principios de los 90 (asociados a los nombres de Esteban Medina, Emilio Muñoz, Miguel Angel Quintanilla y José Sanmartín), hemos pasado en pocos años a muchos y muy diversos grupos de investigación repartidos por toda la geografía española. En la visión tradicional de la educación, en España "Ciencia, Tecnología y Sociedad" se ha construido empezando por el tejado, lo cual, desde luego, no tiene por qué ser negativo, especialmente si uno no cree en la visión tradicional de la educación (como un proceso en el que la actividad investigadora en la universidad fundamenta la actividad docente en enseñanza secundaria). Depende, entre otras cosas, de los materiales y de la solidez de ese tejado y de si puede hacer las veces de cimiento firme para el edificio "Ciencia, Tecnología y Sociedad". Nos detendremos ahora precisamente en esta cuestión, valorando ventajas e inconvenientes de la opción seleccionada por el Ministerio de Educación y Ciencia. Para ello, examinaremos ahora,

informal y muy brevemente, cada uno de los bloques que integran la asignatura "Ciencia, Tecnología y Sociedad" de acuerdo con el BOE de 29-1-93, así como algunas posibilidades bibliográficas en castellano para dar cuerpo (ver al final de este texto el anexo de contenidos de la materia) a clases interesantes y organi-

© EDUARDO GALLEANO

zar útiles materiales de apoyo. Los comentarios y sugerencias realizados no constituyen desde luego la única alternativa, ni tampoco la única opción interesante. Sólo pretenden recoger una fructífera línea de trabajo que, además, trata de ajustarse al panorama internacional de la investigación en este campo.

Comenzamos por unos comentarios generales sobre el carácter de la asignatura "Ciencia, Tecnología y Sociedad" cuyos contenidos estructura el BOE de enero de 1993, comentarios que pueden hacerse extensivos a los añadidos "Ciencia, Tecnología y Sociedad" de áreas de la Educación Secundaria Obligatoria como "Biología", "Física" o "Química". Lo primero que destaca en la concepción del Ministerio sobre "Ciencia, Tecnología y Sociedad" es su focalización en tradicionales cuestiones "externas" relativas a la ciencia y a la tecnología, cuestiones como el nacimiento del método científico o la cantidad y calidad de los recursos técnicos que pueden ser perfectamente tratadas (y que tenderán posiblemente a serlo dada la disponibilidad de materiales) sin el menor atisbo de un punto de vista crítico o interdisciplinar. Éste es particularmente el caso de los tres primeros bloques de la materia "Ciencia, Tecnología y Sociedad". En segundo lugar, es también notable la ausencia general de la que hemos llamado "alta iglesia", es decir, de la tradición de la que procede principalmente el prestigio académico de los nuevos estudios sobre "Ciencia, Tecnología y Sociedad". Las cuestiones más susceptibles de un tratamiento crítico son planteadas centrando el análisis más en las consecuencias que en los antecedentes sociales. No obstante, dentro de la libertad de organización de materiales y contenidos que permite el corsé del BOE, posiblemente los bloques segundo o tercero sean los más apropiados para introducir la dimensión social antecedente del cambio científico y tecnológico. Entre los textos más idóneos para este propósito se encuentran los libros de Barnes (1982 y 1985), Collins y Pinch (1993), Latour (1987), Latour y Woolgar (1979/1986) y Woolgar (1988), además de las compilaciones de González García *et al.* (1997) e Irazozi *et al.* (1995) y el manual universitario de Lamo de Espinosa *et al.* (1994). En particular, Barnes (1985) y Collins y Pinch (1993) son textos realizados para la divulgación de los resultados de esta orientación

de la "Ciencia, Tecnología y Sociedad".

El primer bloque de la asignatura "Ciencia, Tecnología y Sociedad: prospectiva histórica" está dedicado a la historia. Una interesante perspectiva es la ofrecida por autores que reflexionan sobre la evolución de la tecnología y proponen su división en períodos



desde un punto de vista filosófico. Por ejemplo, los textos de Mumford y Ortega. La encyclopedias específicas y las historias de la ciencia y de la tecnología contienen, aquí como en otros lugares, materiales y ejemplos abundantes para completar el bloque. Basalla (1988), Cardwell (1994), Coriat (1979), Derry y Williams (1960/1982), Kranzberg y Davenport (1972), Medina (1985), Pacey (1974) y White (1962) son algunos textos dedicados a la historia de la tecnología o que contienen abundantes ejemplos al respecto. El desarrollo de la ciencia se encuentra mejor recogido en una abundantísima bibliografía en castellano, aunque con notables excepciones como la obra de Bernal o Feyerabend, habitualmente desde una clásica perspectiva internalista. Un contrapunto feminista es el ofrecido por la obra de Keller y otras autoras del campo de "estudios de la mujer".

El segundo bloque ("El sistema tecnológico") tiene la apariencia de una exposición analítica. El primer apartado ("La tecnología como sistema") ofrece quizás una puerta para introducir los resultados y los materiales de la *alta iglesia* comentados más arriba. Para el segundo apartado ("El papel del conocimiento ...."), Braun (1984), Echeverría (1995) y Quintanilla (1988) pueden ser textos útiles. Otros apartados recogen más bien lo que hemos denominado "cuestiones externas" de naturaleza económica o sociológica, que no obstante pueden recibir un tratamiento más crítico a través de textos como el de Barnes (1985), González García *et al.* (1997), Mokyr (1990) o Ziman (1984). Un ejemplo que puede ser fructíferamente utilizado en este bloque es el de las tecnologías de la información. A este respecto

© EDUARDO GALEANO

destacan los textos de Bustamante (1993), Echeverría (1994), Postman (1992), Roszak (1986) y Sanmartín (1990).

El tercer bloque está dedicado a las "Repercusiones sociales del desarrollo científico y técnico. Elster (1983), González García *et al.* (1996) y Mokyr (1990) pueden contribuir a situar en un marco crítico el primer apartado sobre "Transformaciones económicas". El apartado dedicado a "Efectos de la construcción social" es otra buena oportunidad para introducir la *alta iglesia*, quizás mediante algún ejemplo como el de la investigación neuroendocrinológica (Latour y Woolgar, 1979/1986) o cualquiera de los casos de estudio incluidos en Alvarez Revilla *et al.* (1993), Irazo et al. (1995) o Solís (1994). Con respecto a la influencia de la tecnología en los valores, los hábitos y la vida cotidiana, la obra de Winner

(1977 y 1986) es de obligada referencia, aunque otros textos interesantes son Echeverría (1994), Illich (1973), Nelkin (1987), Postman (1992) y los clásicos Marcuse (1954) y Ellul (1954). El último punto dedicado al impacto de la tecnología en el medio ambiente puede ofrecer la oportunidad de introducir un nuevo ejemplo que ilustre los conceptos más importantes. Un caso de estudio muy apropiado es el de la energía: los problemas de la energía nuclear y la discusión sobre fuentes alternativas de energía. Dickson (1973), Puig y Corominas (1990), Schumacher (1973) y Shrader-Frechette (1980) son algunas posibilidades para obtener materiales críticos.

El bloque cuarto ("El control social de la actividad científica y tecnológica") se centra en el tema del control social. Braun (1984) recoge adecuadamente la cuestión de la demanda social y el control del mercado y el Estado, y quizás completada con lecturas más específicas como las de Himmelsstein *et al.* (1986), Rose y Rose (1976), Pacey (1983), Sánchez Ron (1992) o Torres Albero (1994). El apartado sobre "Evaluación de la tecnología" puede documentarse con textos como Braun (1984), González García *et al.* (1996 y 1997), Quintanilla (1989) y Sanmartín *et al.* (1992 y 1994). A este respecto, un buen caso práctico de discusión puede ser el tema de la biotecnología y de la reproducción artificial, de actualidad en nuestro país. Moreno *et al.* (1992), Muñoz (1992), Sanmartín (1987), Testart (1986) y VV.AA. (1991) son textos críticos al respecto que además recogen, en varios casos, información sobre el debate en nuestro país. Para el apartado sobre participación pública, Alonso *et al.* (1996), Elliot y Elliot (1976), González García *et al.* (1996) son algunas posibilidades para el desarrollo teórico y práctico del tema.

El último bloque ("El desarrollo científico y tecnológico: reflexiones filosóficas") es el que pretende incluir la reflexión filosófica propiamente dicha, una reflexión que, del modo propuesto aquí, debería atravesar los cinco bloques de contenidos. Este último bloque, no obstante, presenta una oportunidad de resumir e interrelacionar, desde un punto de vista más global y crítico, los contenidos de los bloques anteriores. Una buena ocasión de hacerlo es a través de un ejemplo como el de las teorías y las tecnologías de la inteligencia humana. En este sentido son útiles González García *et al.* (1996), Lewontin *et al.* (1984), López Cerezo y Luján (1989) y VV.AA. (1977). El apartado "Los mitos del progreso" puede documentarse en Sanmartín *et al.* (1992), Smith y Marx (1994) y Sorell (1991). Por su parte, la cuestión



de la racionalidad tecnológica tiene un tratamiento sistemático en Quintanilla (1988), aunque el lugar clásico para un planteamiento crítico es la obra de Habermas y de la Escuela de Frankfurt (recogida, entre otros, por Medina, 1989), así como el pensamiento contracultural de Foucault, Illich, Roszak o Postman. Un tratamiento comprehensivo de los problemas éticos asociados a la ciencia y la tecnología se encuentra Agazzi (1992/1996) y en la contribución de Mitcham en González García *et al.* (1996). Por último, la elusiva dimensión estética de la tecnología puede ilustrarse mediante Alonso *et al.* (1996) y la obra histórica de Pacey.

### Algunas consideraciones metodológicas

Para concluir es importante una breve reflexión respecto a la **metodología** de la enseñanza "Ciencia, Tecnología y Sociedad". No puede pretenderse una renovación crítica de la enseñanza restringiendo tal cambio solamente a los contenidos. Dado que los **programas educativos** sobre "Ciencia, Tecnología y Sociedad" tratan de llevar a la práctica los resultados de la investigación en "Ciencia, Tecnología y Sociedad", tales programas deberían realizar dos importantes resultados teóricos contenidos en el anterior silogismo "Ciencia, Tecnología y Sociedad": la contextualización social del conocimiento experto (desmitificación de la ciencia, problematización de la tecnología) y la consecuente promoción de la **participación pública** en la toma de decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología. El significado práctico de estos resultados, en el ámbito educativo, implica entonces el abandono del papel del profesor como meta-experto, o como mediador autorizado y privilegiado del conocimiento experto, por un lado, y la promoción de la **participación crítica** y creativa de los estudiantes en la organización y desarrollo de la docencia, por otro lado (González García *et al.*, 1996; Medina y Sanmartín, 1990). No podemos señalar los valores e intereses que están presentes en el **cambio científico-tecnológico** pretendiendo que nosotros mismos carecemos de ellos. La actitud crítica y participativa debería entonces ser reflexiva y alcanzar a la propia metodología docente y a las técnicas didácticas. Es un **reto** abierto en el que, sin duda, los docentes tienen mucho que decir.

### Anexo

Contenidos de la materia "Ciencia, tecnología y sociedad" como materia optativa de Bachillerato LOGSE, de acuerdo con la resolución de 29 de diciembre de 1992 de

**"Se trata, en suma, de desmitificar la ciencia y la tecnología situándolas en el contexto social en el que se desarrollan, mostrando los valores, intereses e impactos sociales que hacen de la ciencia y la tecnología una actividad terrenal"**



© PICTOGRAMAS

la Dirección General de Renovación Pedagógica (BOE 29-1-93, pp. 2405-2407):

#### 1. Ciencia, técnica y tecnología: perspectiva histórica.

- Evolución y "homo faber". El papel de la técnica en el proceso de hominización.

- El nacimiento del pensamiento y el método científicos.

- Desarrollo e implicaciones de la Revolución Industrial.

- Ciencia y técnica en el mundo actual. El desarrollo de la tecnología.

- Historia social del desarrollo científico y técnico en algunos ámbitos característicos: conocimiento del universo, producción y aprovechamiento de energía, producción de alimentos, la salud, la información, el transporte y las comunicaciones, el hábitat, etc.

#### 2. El sistema tecnológico.

- La tecnología como sistema. Componentes del sistema tecnológico: conocimiento, recursos técnicos, capital y contexto social.

- El papel del conocimiento en el sistema tecnológico. La investigación científica. Ciencia aplicada. Investigación planificada (I+D).

- Cantidad y calidad de los recursos técnicos disponibles: materiales y fuentes de energía, técnicas y herramientas, fuerza de trabajo.

- La financiación de la tecnología. Costes de la investigación, producción y distribución. Interdependencia y colaboración tecnológica.

- Necesidades y demandas sociales. Oportunidades de mercado. Calidad de vida, modos de vida y sistemas de valores.

#### 3. Repercusiones sociales del desarrollo científico y técnico.

- Transformaciones económicas: industrialización, terciarización. Desigualdades en el crecimiento económico.

- Crecimiento demográfico: crecimiento de la población, control de mortalidad y de natalidad.

- Efectos en la construcción social: estructura social, relaciones de producción, valores y hábitos. Las concepciones del mundo. Influencia en la vida cotidiana.

- Impacto directo en el medio ambiente: vertidos, calentamiento, agotamiento de recursos y de la biodiversidad. Efectos indirectos: riesgos, subproductos y residuos. Valoración de casos significativos.

#### 4. El control social de la actividad científica y tecnológica.

- Prioridades sociales de investigación científica y desarrollo tecnológico. Modelos de desarrollo.

- Evaluación de la tecnología: alcance y limitaciones.

- El control del mercado y del Estado sobre la tecnología: su dimensión supranacional.

- Desarrollo científico y técnico y poder político. Información y participación ciudadanas en la toma de decisiones.

#### 5. El desarrollo científico y tecnológico: reflexiones filosóficas.

- Los mitos del progreso científico y técnico. Las dimensiones del progreso personal y social.

- El problema de la racionalidad tecnológica. La correspondencia entre el fin y los medios. Crítica de la razón instrumental.

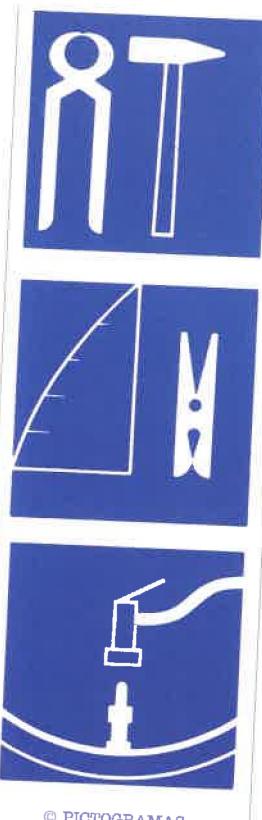
- Desarrollo tecnológico y responsabilidad moral. El problema de la neutralidad científica y técnica.

- La dimensión estética de la actividad tecnológica.

(\*) José López Cerezo pertenece al Departamento de Filosofía de la Universidad de Oviedo (Teléfono de contacto: 98-510 43 69).

## Referencias bibliográficas

- AGAZZI, E. (1992/1996): *El bien, el mal y la ciencia. Las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica*. edición de R. Queraltó. Madrid. Tecnos, 1996.
- ALONSO, A., I. AYESTARAN y N. URSSA (1996): *Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Estella. EVD.
- ALVAREZ REVILLA, A., A. MARTINEZ MARQUEZ y R. MÉNDEZ (1993): *Tecnología en acción*. Barcelona. Rap.
- BARNES, B. (1982): *Kuhn y las ciencias sociales*. México. FCE, 1986.
- BARNES, B. (1985): *Sobre ciencia*. Barcelona. Labor, 1987.
- BASALLA, G. (1988): *La evolución de la tecnología*. Barcelona. Crítica, 1991.
- BRAUN, E. (1984): *Tecnología rebelde*. Madrid. Tecnos/Fundesco, 1986.
- BUSTAMANTE, J. (1993): *Sociedad informatizada, ¿sociedad deshumanizada?* Madrid. Gaia.
- CARDWELL, D. (1994): *Historia de la tecnología*. Madrid. Alianza, 1996.
- COLLINS, H. y T. PINCH (1993): *El gólem: lo que todos deberíamos saber acerca de la ciencia*. Barcelona. Crítica, 1996.
- CORIAT, B. (1979): *El taller y el cronómetro: ensayo sobre el taylorismo, el fordismo y la producción en masa*. Madrid. Siglo XXI, 1991.
- DERRY, T.K. y T.I. WILLIAMS (1960-1982): *Historia de la tecnología*, 5 vols., Madrid. Siglo XXI, 1977-1987.
- DICKSON, D. (1973): *Tecnología alternativa*. Barcelona. Orbis, 1985.
- ECHEVERRIA, J. (1994): *Telépolis*. Destino.
- ECHEVERRIA, J. (1995): *Filosofía de la ciencia*. Madrid. Akal.
- ELLIOT, D. y R. ELLIOT (1976): *El control popular de la tecnología*. Barcelona. Gustavo Gili, 1980.
- ELIUL, J. (1954): *El siglo XX y la técnica*. Barcelona. Labor.
- ELSTER, J. (1983): *El cambio tecnológico*. Barcelona. Gedisa, 1990.
- GONZALEZ GARCIA, M., J.A. LOPEZ CEREZO y J.L. LUJAN (1996): *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid. Tecnos.
- GONZALEZ GARCIA, M., J.A. LOPEZ CEREZO y J.L. LUJAN (eds.) (1997): *Ciencia, Tecnología y Sociedad: lecturas seleccionadas*. Barcelona. Ariel.
- HIMMELSTEIN, C.U. et al. (1986): *Ciencia y tecnología*. Madrid. Revolución, 1990.
- ILLICH, I. (1973): *La convivencialidad*. Barcelona. Barral, 1974.
- IRANZO, J. M. et al. (eds.) (1995): *Sociología de la ciencia y la tecnología*. Madrid. CSIC.
- KRANZBERG, M. y W. DAVENPORT (eds.) (1972): *Tecnología y cultura*. Barcelona. Gustavo Gili, 1978.
- LAMO DE ESPINOSA, E., J.M. GONZALEZ GARCIA y C. TORRES ALBERO (1994): *La sociología del conocimiento y de la ciencia*. Madrid. Alianza.
- LATOUE, B. (1987): *Ciencia en acción*. Barcelona. Labor, 1992.
- LATOUE, B. y S. WOOLGAR (1979/1986): *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid. Alianza Universidad, 1995.
- LEWONTIN, R. C., S. ROSE Y L. J. KAMIN (1984): *No está en los genes*. Barcelona. Crítica, 1987.
- LOPEZ CEREZO, J.A. y J.L. LUJAN LOPEZ (1989): *El artefacto de la inteligencia*. Barcelona. Anthropos.
- MARCUSE, H. (1954): *El hombre unidimensional*. Barcelona. Ariel, 1981.
- MEDINA, M. (1985): *De la techne a la tecnología*. Valencia. Tirant lo Blanch.
- MEDINA, M. y J. SANMARTIN (eds.) (1990): *Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinares en la universidad, en la educación y en la gestión pública*. Barcelona. Anthropos.
- MOKYR, J. (1990): *La palanca de la riqueza: creatividad tecnológica y progreso económico*. Madrid. Alianza, 1993.
- MORENO, L., L. LEMKOV y A. LIZON (1992): *Biotecnología y sociedad: percepción y actitudes públicas*. Madrid. MOPT.
- MUÑOZ, E. (1992): *Genes para cenar*. Madrid. Temas de Hoy.
- NELKIN, D. (1987): *La ciencia en el escaparate*. Madrid. Fundesco.
- PACEY, A. (1974): *El laberinto del ingenio*. Barcelona. Gustavo Gili, 1980.
- PACEY, A. (1983): *La cultura de la tecnología*. México. FCE, 1990.
- POSTMAN, N. (1992): *Tecnópolis: la rendición de la cultura a la tecnología*. Barcelona. Galaxia Gutenberg/Círculo de Lectores, 1994.
- PUIG, J. y J. COROMINAS (1990): *La ruta de la energía*. Barcelona. Anthropos.
- QUINTANILLA, M.A. (1988): *Tecnología: un enfoque filosófico*. Madrid. Fundesco.
- QUINTANILLA, M.A. (1989): *Evaluación parlamentaria de las opciones científicas y tecnológicas*. Madrid. Centro de Estudios Constitucionales.
- ROSE, H. y S. ROSE (1976): *La radicalización de la ciencia*. México. Nueva Imagen, 1980.
- ROSZAK, T. (1986): *El culto a la información*. Barcelona. Crítica, 1988.
- SANCHEZ RON, J.M. (1992): *El poder de la ciencia*. Madrid. Alianza.
- SANMARTIN, J. (1987): *Los nuevos redentores*. Barcelona. Anthropos.
- SANMARTIN, J. (1990): *Tecnología y futuro humano*. Barcelona. Anthropos.
- SANMARTIN, J. et al. (1992): *Estudios sobre sociedad y tecnología*. Barcelona. Anthropos.
- SANMARTIN, J. e I. HRONSZKY (eds.) (1994): *Superando fronteras: estudios europeos de Ciencia-Tecnología-Sociedad y evaluación de tecnologías*. Barcelona. Anthropos.
- SCHUMACHER, E.F. (1973): *Lo pequeño es hermoso*. Madrid. Hermann Blume, 1978.
- SHRADER-FRECHETTE, K. (1980): *Energía nuclear y bienestar público*. Madrid. Alianza.
- SMITH, M.R. y L. MARX (eds.) (1994): *Historia y determinismo tecnológico*. Madrid. Alianza, 1996.
- SOLIS, C. (1994): *Razones e intereses*. Barcelona. Paidós.
- SORELL, T. (1991): *La cultura científica: mito y realidad*. Barcelona. Península.
- TESTART, J. (1986): *El embrión transparente*. Barcelona. Gránica, 1988.
- TORRES ALBERO, C. (1994): *Sociología política de la ciencia*. Madrid. CIS/Siglo XXI.
- VV.AA. (1977): *The Ann Arbor Science for the People. La biología como arma social*. Madrid. Alhambra, 1982.
- VV.AA. (1991): *Genética: implicaciones sociales de la ingeniería genética humana*, número monográfico de *Arbor* (CSIC), edición de J. Sanmartín, abril 1991.
- WHITE, L. (1962): *Tecnología medieval y cambio social*. Barcelona. Paidós, 1990.
- WINNER, L. (1977): *Tecnología autónoma*. Barcelona. Gustavo Gili, 1979.
- WINNER, L. (1986): *La ballena y el reactor*. Barcelona. Gedisa, 1987.
- WOOLGAR, S. (1988): *Ciencia: abriendo la caja negra*. Barcelona. Anthropos, 1991.
- ZIMAN, J. (1984): *Introducción al estudio de las ciencias*. Barcelona. Ariel, 1986.



© PICTOGRAMAS

**"La contextualización social del conocimiento experto y la consecuente promoción de la participación pública en la toma de decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología implica el abandono del papel del profesor como mediador autorizado y privilegiado del conocimiento experto"**