



REVISTA IBERO—
—AMERICANA

de Educación
de Educação

Revista Iberoamericana de Educación

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

rie@oei.es

ISSN (Versión impresa): 1022-6508-X

ISSN (Versión en línea): 1681-5653

ESPAÑA

2002

Carlos Osorio M.

LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DESDE EL ENFOQUE EN
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. APROXIMACIONES Y EXPERIENCIAS
PARA LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Revista Iberoamericana de Educación, enero-abril, número 028

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

Madrid, España

pp. 61-81

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Universidad Autónoma del Estado de México

<http://redalyc.uaemex.mx>



REVISTA IBERO— —AMERICANA

de Educación

de Educação



Organización
de Estados
Iberoamericanos

para la Educación,
la Ciencia
y la Cultura

NÚMERO 28

Monográfico: Enseñanza de la tecnología / *Ensino da tecnologia*

Enero-Abril 2002 / Janeiro-Abril 2002

TÍTULO: La educación científica y tecnológica desde el enfoque en ciencia, tecnología y sociedad.

AUTOR: Carlos Osorio M.

LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DESDE EL ENFOQUE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. APROXIMACIONES Y EXPERIENCIAS PARA LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Carlos Osorio M. (*)

SÍNTESIS: El mundo en que vivimos parece depender cada vez más del conocimiento científico y tecnológico. Sin embargo, la forma en que nos relacionamos con este conocimiento no es siempre igual en los países en vías de desarrollo que en los países desarrollados. En tal sentido, surge la preocupación sobre la educación en todo este proceso. Se propone entonces la educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) como una de las alternativas posibles que pueden contribuir a que nos forjemos una comprensión mayor sobre la sociedad demandada por los avances tecnocientíficos. De este modo, los enfoques educativos CTS son presentados con algunas características específicas para la educación secundaria, así como la forma en que se pueden implementar dichos enfoques, con especial atención a la educación tecnológica.

61

SÍNTESE: O mundo em que vivemos parece depender cada vez mais do conhecimento científico e tecnológico. No entanto, a forma pela qual nos relacionamos com este conhecimento não é sempre igual nos países em vias de desenvolvimento e nos países desenvolvidos. Em tal sentido, surge a preocupação sobre a educação em todo este processo. Propõe-se, então, a educação em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) como uma das alternativas possíveis que possam contribuir para que possamos forjar uma compreensão maior sobre a sociedade demandada pelos avanços tecno-científicos. Deste modo os enfoques educativos CTS são apresentados com algumas características específicas para a educação secundária, assim como a forma em que possam implementar-se ditos enfoques, com especial atenção à educação tecnológica.

(*) Profesor de la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, Unidad de Gestión Tecnológica, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología han terminado por transformar numerosos espacios de las sociedades contemporáneas. Son innegables los beneficios que de tal transformación se obtienen, pero también son numerosos los riesgos que han surgido de tan vertiginoso desarrollo. Esta doble condición obliga a que la ciencia y la tecnología deban ser vistas con una actitud más crítica, ya que no siempre son los mismos impactos los que se presentan en el mundo desarrollado que en los países del sur.

Se atribuyen a la ciencia y a la tecnología grandes efectos sobre la sociedad, en particular en el campo de las tecnologías de la producción y de la información y en el de la biotecnología. Algunos críticos consideran que estos desarrollos han contribuido a que los países, regiones y grupos sociales más ricos se hayan vuelto más ricos, es decir, que la brecha entre ricos y pobres, que se pensaba podía disminuir, habría aumentado. En 1960 el 20% de la población mundial en los países más ricos tenía treinta veces más ingresos que el 20% más pobre; en 1997, setenta y cuatro veces más. Y si nos referimos a Internet, por ejemplo, presentada por sus proponentes como la democracia para el futuro, vemos que tan sólo el 20% más rico de la tierra dispone del 93% del uso total de este medio. «Aquellos con ingresos, educación y contactos [en sentido literal], tienen un acceso barato e instantáneo a la información. El resto se queda en un acceso incierto, lento y costoso... Cuando la gente vive y compete en estos dos mundos uno junto a otro, la ventaja de estar conectados dominará a los marginales y empobrecidos, acallando sus voces y sus preocupaciones en la conversación global» (ONU, 1999, citado por Winner, 2001).

La ciencia y la tecnología parecen no haber contribuido suficientemente a contrarrestar el aumento en más de mil millones de personas pobres en el mundo, o los más de mil millones que no disponen de agua potable y adecuado saneamiento, o los millones de habitantes sin techo, etc. África y América Latina, en la década de los 80, fueron testigos de la detención e incluso de la involución de los logros alcanzados en cuanto a nivel de vida. La ciencia y la tecnología favorecen los intereses de los grupos sociales y de los países más fuertes, como lo señalan, por ejemplo, algunos hechos: se da prioridad a las áreas de Investigación y Desarrollo (I+D) destinadas a mejorar productos que satisfacen las necesidades ya casi saturadas de una pequeña minoría de países desarrollados, como en el caso del 90% del gasto en I+D para la industria farmacéutica, el cual se destina al tratamiento de las enfermedades de

la vejez de la población de las ciudades y regiones más ricas del mundo. Otro ejemplo lo constituye acelerar el proceso de sustitución de importaciones de los países pobres y en desarrollo por productos de los países desarrollados, como sucede con los materiales compuestos que reemplazan las materias primas tradicionales con ayuda de la biotecnología (Petrella, 1994).

Pero sabemos que la ciencia y la tecnología sólo juegan un papel en estos aspectos, y que se requiere un reajuste más profundo de índole social, político y económico. Sin embargo, sabemos también que si la ciencia y la tecnología no tienen una orientación más sensible frente a estos problemas, continuarán contribuyendo a aumentar significativamente la desigualdad global.

Algunos de los retos de la sociedad que la ciencia debería asumir como suyos en los próximos años tienen que ver, por ejemplo, con atender el crecimiento de la población, con la urgencia de asegurar un desarrollo sustentable, con la satisfacción de las crecientes necesidades básicas y las aspiraciones de los que serán cinco mil millones de pobres en el mundo en menos de veinte años, con el aprovisionamiento de empleos frente a los cambios tecnológicos, entre otros. Pero en América Latina y el Caribe, considerada como la región más inequitativa del mundo y que requiere un fuerte desarrollo científico-tecnológico para ayudar a contrarrestar la creciente miseria, se reporta un reducido nivel de atención en ciencia, y el poco que existe se estima que está centrado sólo en grupos minoritarios de población, agravando así la inequidad (UNESCO, 2000).

En este contexto, ¿qué podemos hacer desde la educación en ciencia y tecnología?, ¿cómo podemos contribuir desde nuestros espacios a favorecer una relación con estos saberes que sirva a los intereses y necesidades de nuestra sociedad?, ¿qué podemos hacer para superar la tendencia en la enseñanza de las ciencias centrada en los contenidos y con un fuerte enfoque reduccionista, la mayoría de las veces soportada por un conjunto de elementos que refuerza el aprendizaje memorístico, lleno de datos, acrítico y descontextualizado?, ¿cómo podemos superar la tendencia en la educación en tecnología, focalizada con frecuencia en la adquisición de conocimientos y habilidades para el empleo, y en otras en un encauzamiento netamente instrumental?, ¿cómo lograr que la educación en tecnología contribuya a que los sistemas tecnológicos sirvan realmente para la construcción de formas satisfactorias de vida personal y comunitaria; que la educación en tecnología nos forme para participar

en la definición de tales sistemas tecnológicos, compatibles con un orden social que disminuyan las desigualdades sociales?

Estas son algunas de las preguntas que una educación científico-tecnológica debería abordar. Las podemos resumir en una sola inquietud: ¿cuáles son las nuevas claves educativas que necesitamos para poder entender el fenómeno científico-tecnológico contemporáneo, en escenarios globalizados, desde nuestra condición de países en vías de desarrollo?

Compartimos aquello que Edgar Morin (1999) dijo en torno al pensamiento complejo como saber necesario para una educación del futuro. No obstante, queremos explorar una vía, que no está lejos de la de Morin, pero que guarda cierta especificidad con relación a la ciencia y la tecnología, aquella definida por los estudios en educación desde el enfoque en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Sin duda no podemos responder a todos los interrogantes planteados, aunque nos parece que también desde esta óptica se puede contribuir a la comprensión del mundo tecnocientífico en que vivimos, como también puede ayudar a que la formación de científicos e ingenieros involucre un conocer algo más «sobre» la ciencia y la tecnología, conocimiento necesario que se pierde en ocasiones en favor del conocimiento *de* la ciencia y la tecnología.

Somos conscientes de que la distinción entre ciencia y tecnología se ha convertido en algo crítico, al estar la primera en muchos frentes al servicio de la segunda (Ellul, 1960). En este sentido, el término tecnociencia constituye una expresión que permite acercar la ciencia a la tecnología en un híbrido de realizaciones conjuntas, al mismo tiempo que con la política, la economía, la naturaleza, etc. (Latour, 1993; Medina, 2001). La noción de tecnociencia afecta los presupuestos para referirnos a la educación científica y tecnológica desde la perspectiva tradicional, ya que no trata a la ciencia y a la tecnología como si se tratara de asuntos separados, más bien los reúne. Y en ese sentido el enfoque educativo CTS, en tanto recupera los espacios críticos de esa relación conjunta al devolver las implicaciones y los fines del desarrollo científico tecnológico en un entramado social, político y ambiental, se nos presenta como un campo de análisis propicio para entender y educar en el fenómeno tecnocientífico moderno.

Pretendemos mostrar en este trabajo, en primer lugar, lo que es la educación científica y tecnológica desde la óptica CTS en el nivel de

la educación secundaria. En tal sentido, se recogerán los enfoques que la caracterizan mencionando algunas de sus experiencias significativas, con cierto énfasis en la educación en tecnología. No sobra advertir que el tema de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación no será tratado dentro del ámbito de la educación tecnológica, sino que requiere un tratamiento especial. Nos concentraremos en extraer implicaciones, observaciones, reflexiones e incluso perspectivas sobre los alcances de esta educación CTS para la educación en tecnología. Para ello vamos a servirnos de algunas experiencias realizadas a partir de un programa de formación continuada para maestros de colegios y escuelas en la Universidad del Valle, Colombia¹.

2. ¿QUÉ ES CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD?

Ciencia, Tecnología y Sociedad, CTS, corresponde al nombre que se le ha venido dando a una línea de trabajo académico e investigativo, que tiene por objeto preguntarse por la naturaleza social del conocimiento científico-tecnológico y sus incidencias en los diferentes ámbitos económicos, sociales, ambientales y culturales de las sociedades occidentales (principalmente). A los estudios CTS también se les conoce como estudios sociales de la ciencia y la tecnología.

65

Sus orígenes se remontan a la década de los 60, con la movilización social por los problemas relacionados con el desarrollo tecnológico. La preocupación por la ciencia y la tecnología se venía manifestando desde la segunda guerra mundial, aquella que dejó más de cuarenta millones de muertos, con la posición de varios físicos que cuestionaron e incluso abandonaron sus experimentaciones en el campo de la energía nuclear, decepcionados por la forma como sus trabajos de investigación habían sido utilizados en la producción y utilización de la bomba atómica. Estos científicos buscaron otras ciencias, como la Biología, para trabajar desde allí por un conocimiento que contribuyera a la vida y no a la destrucción de la misma². La ciencia, sinónimo de razón

¹ Una primera versión de este documento se presentó como ponencia en la II Jornada de Reflexión en Educación en Ciencia y Tecnología: Un gran desafío. Universidad de Santiago de Chile, 5 de enero de 2002. En esta nueva presentación se han introducido algunos cambios con mayor énfasis en el tema de la educación en tecnología.

² Véase la participación de los físicos Max Delbrück y Erwin Schrödinger en la Biología en: M. Delbrück: «Introduction: Waiting for the paradox», *A physicist looks at Biology*, The cold spring harbor, Laboratory of quantitative biology, 1966, p. 20.

y de verdad, de progreso de la humanidad, parecía señalar el límite de su utilización a través de la creación de la bomba.

La preocupación por el desarrollo tecnocientífico creció y se multiplicó en los sesenta, bajo el escenario de la tensión internacional por la carrera armamentista y bajo el creciente deterioro del medio ambiente (Waks y Rostum, 1990). Cada vez se hizo más evidente una sensación de temor y frustración generalizados, cuya fuente de origen parecía estar ligada a la ansiedad sobre el desarrollo científico-tecnológico. En este contexto, se iniciaron diferentes propuestas sobre los valores de la civilización industrial. Por un lado, se propugnaba un cierto rechazo al desarrollo tecnológico, cuyas expresiones radicales estuvieron en las manifestaciones estudiantiles de los años sesenta y comienzos de los setenta, tanto en Europa como en Norteamérica, dirigidos principalmente contra la guerra del Vietnam; el uso del napalm se convirtió en el símbolo de los excesos de la civilización científico-tecnológica de aquella época³. A ello se sumaron las denuncias sobre catástrofes relacionadas con la tecnología, como los primeros accidentes nucleares y los envenenamientos farmacéuticos. La preocupación por el tema ambiental ha estado íntimamente relacionada con el desarrollo científico-tecnológico, y, en particular, con la concepción de dicho desarrollo.

Esta protesta social, de la que salió el movimiento ambientalista y el hipismo como expresión existencial, fue canalizada en los espacios académicos de las universidades, tanto norteamericanas como europeas e incluso latinoamericanas –tal como se desprende de los trabajos de Jorge Sábato y Amílcar Herrera al sur del continente, en la óptica por buscar un espacio de desarrollo tecnológico más adecuado para esos países– (Vaccarezza, 1998). La movilización social sobre la ciencia y la tecnología pasó a la preocupación académica, sin perder su capacidad crítica.

En conclusión, de una postura antitecnológica y antisistema, presente en la década de los 60, se derivó hacia una actitud más positiva que pretendió dilucidar qué valores culturales subyacen detrás del logro tecnológico (Cutcliffe, 1990).

³ No está de más señalar que las protestas conocidas como antiglobalización de estos últimos años nos recuerdan el descontento por una sociedad influenciada por la ciencia y la tecnología, de la que se hablaba en los sesenta.

Si el siglo xx fue el de la ciencia, también lo fue para la democracia, que libró una de las más importantes batallas durante la década del 60 en la extensión de los derechos civiles frente a las amenazas relacionadas con el desarrollo científico-tecnológico (Sánchez Ron, 2000). Es en este contexto donde surgen los estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad.

Se considera que desde los años setenta se generaron dos grandes tendencias en los estudios CTS. Una, preocupada por los orígenes epistemológicos y sociales del conocimiento (estos últimos como reacción a la tradicional filosofía de la ciencia centrada en los aspectos epistémicos de las teorías sin mayor articulación con el campo social); tal línea, en sus orígenes, fue cultivada principalmente en Europa y tuvo como sede inicial la Universidad de Edimburgo; la segunda, de origen norteamericano, ha estado centrada en las consecuencias de ese conocimiento en los diferentes espacios de la sociedad, y es lo que permite comprender la creación temprana de oficinas de evaluación de tecnologías y la implementación de políticas públicas en ciencia y tecnología en Estados Unidos (González, *et al.*, 1996).

Los estudios CTS se han concentrado sobre todo en tres campos (González, *et al.*, 1996; Waks, 1990):

- En el de la investigación, promoviendo una visión socialmente contextualizada de la ciencia y la tecnología.
- En el de las políticas de ciencia y tecnología, defendiendo la participación pública en la toma de decisiones en cuestiones de política y de gestión científico-tecnológica.
- En el educativo, tanto en la educación secundaria como universitaria, contribuyendo con una nueva y más amplia percepción de la ciencia y la tecnología con el propósito de formar una ciudadanía alfabetizada científica y tecnológicamente.

Desde sus inicios, los estudios CTS han buscado promover y desarrollar formas de análisis e interpretación sobre la ciencia y la tecnología de carácter interdisciplinario, en donde se destacan la historia, la filosofía y sociología de la ciencia y la tecnología, así como la economía del cambio técnico y las teorías de la educación y del pensamiento político.

3. LA EDUCACIÓN EN CTS EN LA SECUNDARIA

La educación en sentido amplio, desde los enfoques CTS, tiene como objetivo la alfabetización científica y tecnológica de los ciudadanos. Una sociedad transformada por las ciencias y las tecnologías requiere que los ciudadanos manejen saberes científicos y técnicos y puedan responder a necesidades de diversa índole, sean estas profesionales, utilitarias, democráticas, operativas, incluso metafísicas y lúdicas. Profesionales, por cuanto se precisa aumentar y actualizar las competencias, más aún para investigadores. Utilitarias, al reconocer que todo saber es poder; por ejemplo, de control sobre el propio cuerpo. Democráticas, ya que la alfabetización puede instruir a la ciudadanía en modelos participativos sobre aspectos como el transporte, la energía, la salud, etc., y permite cuestionar la tecnocracia que maneja los aspectos públicos relacionados con el desarrollo tecnocientífico. También la alfabetización es capaz de ayudar a necesidades de tipo operativo, en la medida en que puede tener componentes formativos hacia el uso de modelos, el manejo de información, la movilización de saberes, en fin, se trata del aprendizaje organizado. Por último, puede ser también un asunto metafísico y lúdico, por cuanto puede ayudarnos a vivir más placenteramente con la ciencia, en la medida en que nos formamos una comprensión más amplia de la misma y a saber vivir en el mundo en medio de numerosos interrogantes (Giordan, *et al.*, 1994).

Otras referencias a la alfabetización científica y tecnológica la definen más exactamente como un proceso en el que cada ciudadano puede participar en los asuntos democráticos de tomar decisiones, para promover una acción ciudadana encaminada a la resolución de problemas relacionados con el desarrollo científico-tecnológico de las sociedades contemporáneas (Waks, 1990). Los enfoques en CTS aspiran a que la alfabetización contribuya a la enseñanza de los estudiantes sobre la búsqueda de información relevante e importante sobre las ciencias y las tecnologías de la vida moderna, a la perspectiva de que puedan analizarla y evaluarla, a reflexionar sobre esta información, a definir los valores implicados en ella y a tomar decisiones al respecto, reconociendo que su propia decisión final está, así mismo, basada en valores (Cutcliffe, 1990).

El campo de estudios en educación bajo el enfoque CTS ha venido siendo incorporado tanto a la educación secundaria como a la formación universitaria en EE.UU., Europa Occidental, Canadá, Australia, Nueva Zelanda y Sur América (Waks, 1990; González, *et al.*, 1996).

Con todo, en América Latina la tradición de estudios CTS ligados a los procesos educativos no parece tener mayor desarrollo, si se compara con lo que en CTS se ha alcanzado en otros campos. Aunque existen trabajos sobre el tema (Bazzo, 1998; Sutz, 1998; Santander, 1998), parece que los esfuerzos han estado más enfocados hacia aspectos de política científica, estudios sobre indicadores, estudios sobre gestión de la innovación y cambio técnico, estudios sobre fundación de disciplinas y comunidades científicas, aspectos sobre la relación Universidad-Empresa, prospectiva tecnológica (Vaccarezza, 1998). Existe escasez de trabajos relacionados con el tema ambiental, con la divulgación y apropiación social del conocimiento, y, en general, con la variable social como categoría cognitiva.

En el nivel de la educación secundaria, los diferentes programas CTS pueden clasificarse en tres grupos (Waks, 1990; Kortland, 1992; Sanmartín y Luján, 1992): injertos CTS, ciencia y tecnología a través de CTS, CTS pura. Usaremos esta clasificación para aproximarnos a la educación CTS y establecer las perspectivas sobre la educación en tecnología.

3.1 INJERTOS CTS

La modalidad de injertos es especialmente útil para abordar una temática de un curso de ciencias o de tecnología, y, a nuestro juicio, es la estrategia más viable para ser aplicada en los currículos de la educación secundaria de los países latinoamericanos si tenemos en cuenta la dificultad de modificarlos por su actual atomización (Cabal y Valencia, 2000). Se trata de que, a una asignatura de ciencias, se le haga un añadido temático tipo CTS, el cual debería tener siempre que revisar la naturaleza de la ciencia y sus implicaciones con la tecnología y la sociedad, así como el papel de los científicos y de los ciudadanos en las decisiones relacionadas con el desarrollo tecnocientífico. En una asignatura de tecnología debería insistirse más en la visión CTS desde el punto de vista de la naturaleza de la tecnología, las interacciones entre tecnología y sociedad y entre tecnología y ciencia (Acevedo, 1996). Las preocupaciones enunciadas acerca de los fines de los sistemas tecnológicos y la forma como nos afectan en la vida personal, familiar y social, todo aquello que sirve de base al denominado movimiento de tecnología profunda (Winner, 2001), debe ser puesto y adecuado también en este nivel educativo.

Para implementar los injertos, los estudios de caso, sean estos reales o simulados, resultan ser una herramienta importante para problemas relacionados con aspectos que lleven a los estudiantes a ser más conscientes de las implicaciones de la ciencia y la tecnología. Creemos que tales estudios de caso deberían estar relacionados con situaciones que involucren un conocimiento local de los problemas.

Ejemplos internacionales conocidos de esta línea de trabajo son los proyectos de elaboración de materiales educativos, SISCON (*Science in a Social Context*), diseñados tanto para educación universitaria como para secundaria, y el proyecto SATIS, también en esta misma línea. 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 cómo se ha llegado a cierta situación problemática en el presente.

Una unidad SISCON para secundaria, por ejemplo *Health, Food and Population* (Solomon, 1983), presenta la siguiente estructura. A partir de tres capítulos: la salud pública en Gran Bretaña, la introducción de problemas con relación a la elaboración de medicinas seguras, y las características alimentarias del tercer mundo, se intenta conducir al estudiante a una reflexión valorativa sobre dichos temas. La estructura de uno de estos capítulos, por ejemplo la salud pública en Gran Bretaña, se inicia acuñando una conceptualización general, para luego relacionar el tema del agua potable y el saneamiento básico como los factores de los que depende la salud pública, junto con la alimentación y los programas de vacunación. Para esto se sirve de una descripción histórica que muestra las condiciones sanitarias en Gran Bretaña en el siglo XIX, y la estructura social en términos de mortalidad de la población por rangos de edad y de morbilidad según deficiencias nutricionales y vitamínicas. Este problema es visto retrospectivamente hasta épocas recientes, en las que se observan algunos problemas similares debidos, al parecer, a la suspensión de programas de suministro de leche a los infantes y a los hábitos alimenticios de la población inmigrante. El capítulo introduce en toda su extensión preguntas conceptuales que motivan a los estudiantes a una mayor comprensión del problema de la salud pública, así como elementos reflexivos sobre las condiciones sanitarias, de vacunación y de alimentación. Esta misma estructura de introducción conceptual, de desarrollo histórico y de preguntas y motivaciones reflexivas, se encuentra también en los otros dos capítulos de la unidad.

Dicha modalidad de injerto la hemos probado mediante un programa de educación continuada para docentes de primaria y secundaria, válido para ascender en el escalafón (Universidad del Valle, 1996). En este caso, se usa una estructura formativa sobre qué es la ciencia y la tecnología y las implicaciones de este saber en casos históricos del desarrollo colombiano, junto con problemas específicos de la educación en ciencia y tecnología. Paralelo a esto, se desarrolla una línea de talleres CTS que debe conducir a la formación de un proyecto; el proyecto involucra el injerto. Los talleres son los espacios prácticos en los que se plantean las relaciones entre la sociedad, la naturaleza y el conocimiento científico y tecnológico. Igualmente, los talleres son formadores en pasos y procesos de investigación. También en los talleres se propone formar al docente para que pueda trabajar el llamado Ciclo de Responsabilidad (Waks, 1990), en tanto constituye una de las estrategias probadas en el ámbito internacional en el campo de la educación desde una perspectiva CTS, con un fuerte énfasis en la educación en valores y en el compromiso social. Dicho Ciclo coloca en el centro del debate las implicaciones presentes y futuras del desarrollo científico-tecnológico con relación a la vida de cada uno de los docentes y sus estudiantes, y la necesidad de ser responsables frente a tales implicaciones tanto de manera individual como colectiva. El Ciclo recoge la noción de *issues* en ciencia y tecnología, es decir, problemas identificados cuyas causas de desequilibrio pueden encontrarse en avances particulares de la ciencia y la tecnología, para avanzar progresivamente en su conocimiento y en la búsqueda de soluciones a este respecto.

El resultado de estos talleres debe ser el diseño y la ejecución de un proyecto CTS, con énfasis en la educación en tecnología. Así se inicia la propuesta de educación en tecnología del Ministerio de Educación Nacional PET 21, que se basa en la construcción de ambientes de aprendizaje tecnológico a partir de la identificación y el análisis tecnológico, así como en el diseño y la construcción de objetos tecnológicos. Estas dos líneas se relacionan con conceptos operativos que deben estar de acuerdo con contextos relevantes para el estudiante, y de este modo lograr, según el Ministerio, una organización progresiva de acuerdo con los diferentes niveles educativos (Astigarraga, 1996; MEN, 1996).

El proyecto de educación en tecnología involucra el enfoque CTS como injerto, es decir, como una reflexión más amplia sobre los objetos y procesos técnicos en su inserción social, a partir de problemas sociotécnicos relevantes. Para ello se tienen en cuenta propuestas de trabajo como la de Acevedo (1996b), que contempla diferentes puntos:

un enfoque constructivista del aprendizaje; abordar problemas sociotécnicos (o *issues*) relevantes para los estudiantes; situar estos problemas en contextos específicos; introducir el análisis sociofilosófico, ético, político, económico, en estos problemas; promover el desarrollo de capacidades necesarias para argumentar en torno a la toma de decisiones sobre estos problemas, y para que dichas capacidades se relacionen con el medio social. Además, los docentes deben reflexionar sobre aspectos como el carácter social de los artefactos, la relación con el conocimiento científico, las imágenes de la tecnología, el papel de la educación tecnológica, el enfoque que se le está dando en nuestro sistema educativo, las propuestas de cómo trabajarla en el aula, las competencias que la tecnología desarrolla en el ser humano, las características de la actividad tecnológica escolar, el ambiente apropiado para realizar la educación en tecnología, etc.

No está de más señalar que también el constructivismo puede ser muy útil en todo este proceso, por cuanto permite trabajar los obstáculos epistemológicos de los estudiantes frente a determinados conceptos involucrados en los problemas. Algunos pasos pueden servir para tratar los obstáculos, como son: identificar las representaciones; cuestionar las representaciones (con contraejemplos, argumentación histórica, trabajo experimental, análisis de contextos e impactos de la ciencia y la tecnología); introducir los nuevos conceptos (Astolfi, 1994). Este proceso, combinado con el uso de los tratamientos pedagógicos y didácticos propios del enfoque educativo CTS –como el tipo injerto ya señalado– puede contribuir significativamente a mejorar el aprendizaje de una temática.

3.2 CIENCIA Y TECNOLOGÍA A TRAVÉS DE CTS

Consiste en la estructuración de los contenidos de las asignaturas de tipo científico o tecnológico con orientación CTS. Constituye una alternativa para los estudiantes poco atraídos por la ciencia. En principio, bajo esta modalidad se parte del mismo esquema de trabajo alrededor del injerto CTS, al usar problemas tipo o *issues*, como la lluvia ácida, los desechos radioactivos, etc., antes que iniciar la estructura tradicional de contenidos de un curso de ciencias⁴. Dicho problema puede ser objeto de

⁴ Un texto dedicado a la identificación de *issues* para ser tratados en el aula: R. Brinckerhoff, *Lecturas Breves, Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Estados Unidos, Addison-Wesley Iberoamericana, S.A., 1994.

un curso, o de varios cursos, si se trata de un diseño curricular transdisciplinario. Un ejemplo del primer caso es el programa neerlandés conocido como PLON (Proyecto de desarrollo curricular en Física), en el que 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 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 (González, *et al.*, 1996).

Algunas de las virtudes de los cursos de ciencia a través de CTS son las siguientes (WAKS, 1990): los alumnos con problemas en las asignaturas de ciencias aprenden conceptos científicos y tecnológicos útiles partiendo de este tipo de cursos; 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; el trabajo académico está relacionado directamente con el futuro papel de los estudiantes como ciudadanos.

Cuando se trata de enseñar ciencia a través de CTS bajo un enfoque pluridisciplinario, mejor aún, transdisciplinario, las experiencias recogidas en la educación ambiental y en la educación en tecnología en el ámbito internacional pueden ser de mucha utilidad. De acuerdo con las experiencias de los sistemas educativos de numerosos países, el tratamiento de la educación ambiental en el currículo ha oscilado de lo disciplinar a lo transdisciplinar, este último con un esquema funcional de carácter transversal (González Muñoz, 1996). Mientras que el modelo disciplinar consiste en un curso de educación ambiental, el tratamiento multidisciplinar integra la variable ambiental especialmente en las áreas de ciencias naturales, de manera pasiva podríamos decir, sin un proyecto integrador. En el tratamiento transdisciplinar, en cambio, se busca una impregnación de la dimensión ambiental en todas las áreas, a partir de una propuesta específica o paradigma exclusivo, que es ideal para el trabajo específico por proyectos. Todas estas propuestas se han ensayado con más o menos resultados, incluso de manera mixta. Pero es la transdisciplinaridad la que parece permitir un mejor tratamiento transversal de la educación ambiental en todas sus dimensiones (adquisición de conocimientos, de métodos de trabajo, de actitudes y del sentido y la intencionalidad de esos aprendizajes, es decir, de educación en valores). «La transversalidad apunta al desarrollo integral de la persona, asumiendo el sistema educativo una perspectiva ética, y una visión del mundo

solidaria y responsable respecto a él, una dimensión que dé sentido a estos conocimientos y permita entender y actuar en relación con su problemática» (González Muñoz, 1996, p. 45).

También un curso de tecnología puede ser enfocado desde esta variable transdisciplinar con enfoque CTS. Si se trata de enseñar, por ejemplo, los contenidos de un curso sobre mecánica (operadores, mecanismos, sistemas) o de electricidad (operadores eléctricos, circuitos, etc.) relacionados con fundamentos científicos, los contenidos del curso que se pueden encontrar en la implementación de la educación en tecnología en los países latinoamericanos pueden ser presentados bajo la noción de sistema tecnológico. La noción de sistema es integradora y favorece un tratamiento transdisciplinar. Los sistemas tecnológicos están constituidos por complejos y heterogéneos componentes, tales como artefactos físicos (técnicos), organizaciones (empresas de manufactura, compañías de servicio público y bancos de inversión), asuntos usualmente descritos como científicos (libros, artículos, enseñanza universitaria y programas de investigación), disposiciones legislativas (tales como leyes), y también los recursos naturales pueden ser considerados como instrumentos de un sistema tecnológico (Hughes, 1987). Igualmente, los individuos (inventores, científicos, industriales, ingenieros, gerentes, financieros y trabajadores), forman parte del sistema, pero no deben ser considerados como aparatos del mismo, porque tienen grados de libertad no poseídos por dichos aparatos. El sistema funciona con completa interacción entre sus componentes; de este modo, un determinado componente contribuye directamente o a través de otros a las metas comunes del sistema. Si un componente es removido o si sus características cambian, los otros componentes del sistema se alteran.

Un modelo que permite hacer operativa la noción de sistema tecnológico es el que nos presenta Pacey (1990) con el nombre de Práctica Tecnológica. En este caso, la práctica tecnológica se define sobre la base de la interacción de tres grandes campos: los patrones de organización, planeación y administración; los aspectos culturales, esto es, entre otros, los valores y códigos éticos, y los aspectos propiamente técnicos, como son las destrezas, conocimientos, máquinas y equipos en general. A esta reflexión que involucra estos tres componentes: el organizativo, el cultural y el técnico, que conciernen a la aplicación del conocimiento científico u organizado a las tareas prácticas por medio de sistemas ordenados que incluyen a las personas, las organizaciones, los organismos vivientes y las máquinas, es a lo que Pacey denomina Práctica Tecnológica (Pacey, 1990).

La «técnica» o los aspectos técnicos de la práctica, en el modelo de Pacey, es el intento por solucionar un problema, ignorando los posibles efectos de esa práctica. Valga decir que los tratamientos tradicionales de la enseñanza de la tecnología en la secundaria se concentran especialmente en esta parte, mientras que los aspectos organizativos hacen mención a los «desarrollos tecnológicos», señalando que no se circunscriben a la forma técnica. Es más, ésta disparidad –insiste Pacey– ha sido frecuentemente la base de proyectos con ajustes organizativos inapropiados, por no tener en cuenta a los usuarios de los equipos y a sus modelos de organización, usuarios que son portadores de valores y representaciones dentro de los sistemas, siendo ésta la esfera cultural del modelo.

Hace poco el mismo Pacey (1999) propuso un cuarto componente de la tecnología, oculto y como en el subsuelo de los otros tres, al que ha denominado experiencia personal, que está presente en relación con los sistemas tecnológicos dando un sentido de la vida. Ella construye lo participativo en un sistema, esto es, la incorporación de las personas, partiendo de que sus respuestas a la tecnología son diferentes, así como el sentido social de la tecnología que coexiste con las respuestas personales; lo participativo es también la posibilidad de incorporar la naturaleza en un sentido creativo, en la búsqueda de soluciones tecnológicas que den cuenta de ella. Se trata de una manera distinta de ver la tecnología, centrada tradicionalmente en el objeto; ahora la tecnología estaría centrada en las personas y en el medio ambiente.

Todo este rodeo que hemos dado sobre el sistema tecnológico es para mostrar que un enfoque educativo de tecnología análogo a como se da en la ciencia a partir de CTS, encuentra en la noción de sistema el espacio de trabajo transdisciplinario. Como decíamos arriba refiriéndonos a la educación ambiental como modelo transdisciplinar para la ciencia, los conocimientos adquieren sentido. Igualmente, en el tratamiento de la tecnología los contenidos toman significado si se analizan en una estructura holística, como es el sistema tecnológico. El sistema puede ser una unidad de análisis para integrar los saberes provenientes de las ciencias naturales, los conocimientos técnicos, los aspectos sociales, organizativos y culturales. Nos parece que este enfoque, que se recomienda en los cursos de CTS pura, tiene incluso mayor pertinencia para reestructurar un curso de tecnología en la educación secundaria.

3.3 CTS PURA

Quizás el ejemplo de CTS pura más cercano a nosotros en la secundaria lo constituye la experiencia del bachillerato español (Resolución del 29 de diciembre de 1992 de la Dirección General de Renovación Pedagógica). El Ministerio de Educación y Ciencia de España propuso unos materiales didácticos en los que se sugieren posibles ejes de desarrollo. El primero de estos ejes hace referencia a la delimitación y presentación histórico-evolutiva de una serie de hechos y acontecimientos que permiten incorporar conjuntos de conceptos, por ejemplo, la técnica y el nacimiento de la ciencia en el antiguo mundo egipcio y en el presocrático, la técnica en la primera revolución de la ciencia, la interacción técnica y de ciencia en las revoluciones industriales, el papel de la ciencia en las dos guerras del siglo XX, el papel de la tecnología en la tecnociencia actual y en la estructuración de las relaciones humanas, entre otros posibles temas. Más que una historia dura de hechos y acontecimientos, lo que se busca es proponer unos cuatro o cinco momentos históricos que puedan mostrar una relación entre el actuar (la tecnología), el saber (la ciencia) y su incidencia en la sociedad.

Un segundo eje es desarrollar una perspectiva macrosistémica del fenómeno científico-tecnológico a la luz de diversos marcos comparativos. Por ejemplo, bajo una perspectiva internalista, el sistema tecnocientífico puede ser aislado del sistema natural y del sistema social, lo cual trae ya consecuencias que habría que subrayar, mientras que una perspectiva externalista debe abogar por involucrar estos sistemas estableciendo las interrelaciones entre el actuar y el saber con los contextos sociales y naturales. O bien, de modo más significativo para los alumnos, se parte de algunos impactos negativos de la acción de la tecnociencia y se reconstruye el proceso de relación entre la ciencia y la tecnología con la sociedad.

El tercer eje que se sugiere por esta propuesta española corresponde al de las responsabilidades. En tal caso se aboga por la comprensión del sistema estudiado a la luz de las políticas tecnológicas, en tanto mecanismos de promoción, pero también de control del sistema.

Veamos un ejemplo específico de esta implementación: nos referimos al curso CTS promovido por un grupo de docentes de la región española de Asturias, denominado Proyecto Argo. En este caso se parte de una conceptualización de lo que es la ciencia, la tecnología, la sociedad, y de los estudios CTS. En cada uno de estos capítulos se

presentan conceptos de diversos saberes humanistas, acompañados de lecturas cortas, temas de reflexión y actividades propuestas. La segunda parte del curso comprende el desarrollo de la construcción histórica de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad; y una tercera consiste en el tema de la evaluación y control social de las decisiones tecnocientíficas. En este punto se sirven de estudios de caso, a partir de simulaciones didácticas en temas controvertidos sobre el medio ambiente, la salud, la educación y el medio humano.

A nuestro juicio, el aspecto más importante de esta experiencia asturiana consiste en el desarrollo de controversias CTS como casos simulados en el aula. La base epistemológica de esta didáctica es la Evaluación Constructiva de Tecnologías ECT. La ECT es una propuesta alternativa a la tradicional evaluación centrada en los costes y los beneficios. La evaluación de tecnologías, en su acepción clásica, se entiende como un conjunto de métodos para analizar los diversos efectos o impactos de la aplicación de tecnologías, identificando los grupos sociales afectados y estudiando además las consecuencias de posibles tecnologías alternativas (Sanmartín y Ortí, 1992). El llamado análisis costo-beneficio «...parte de una premisa simple: que un proyecto sólo debe acometerse si todos sus beneficios suman más que todos sus costes» (Jacobs, 1997, p. 325).

La llamada Evaluación Constructiva de Tecnologías (ECT), examina tanto los efectos negativos como los potenciales elementos positivos y las acciones alternativas. La ECT ayuda a la formulación de necesidades y demandas de tecnologías que están todavía por ser desarrolladas e implantadas, de modo análogo a como se da en un sistema tecnológico. En dicho sistema se presenta lo que Hughes (1994) denomina impulso tecnológico, un modo de interpretación aún más flexible y acorde con la historia de los grandes sistemas tecnológicos, ya que la configuración por los actores sociales del sistema es más fácil antes de que haya adquirido componentes políticos, económicos y de valores. De ese modo la sociedad configura el sistema con los actores sociales cuando éste se encuentra en sus etapas tempranas, y el sistema configura la sociedad cuando adquiere los componentes señalados. En la ECT los intereses de las diversas partes son reconocidos y se identifican las posibles soluciones como algo determinante. En este sentido la ECT es anticipativa para asegurar que las consideraciones sociales y ambientales sean tenidas en cuenta. Y se trata de una evaluación interactiva por cuanto permite la participación de todos los grupos relevantes (Remmen, 1995, p. 201).

La ECT y la evaluación de impacto ambiental con carácter participativo pueden ser oportunidades de aprendizaje social en el ejercicio de la democracia, lo que presupone la construcción de unos hábitos centrados en el análisis de tecnologías (López, *et. al.*, 2001). Cabe señalar que esto cada vez es más posible para la educación de los países latinoamericanos, en la medida en que la transversalidad en el currículo se está convirtiendo en una tendencia educativa que permite confluir temáticas de la educación ambiental, de la educación en tecnología, de la educación cívica y de la cultura democrática, entre otros.

Las simulaciones educativas constituyen una de las didácticas más atractivas para el aprendizaje del debate, la argumentación y la participación, ya que rompe con la rutina del trabajo cotidiano en el aula a través de situaciones en donde surgen las posiciones de cada actor-rol, y, con ello, la controversia acerca de sus valores frente a un determinado desarrollo o innovación tecnológica con implicaciones sociales y ambientales controvertidas. La discusión pública, el intercambio dialógico, la confrontación de datos, informaciones, argumentos y perspectivas de cada actor-rol, sirven para escenificar una posible evaluación constructiva acerca de un desarrollo tecnológico dado.

4. A MODO DE CIERRE

Hemos visto que los enfoques en educación desde la perspectiva CTS exploran una comprensión de la ciencia y la tecnología, sin desligarla de sus fines y utilidades sociales. Esto tiene profundas implicaciones por cuanto lleva a analizar no sólo el carácter social de la ciencia y la tecnología sino también a la sociedad en su conjunto, ya que se posibilita el espacio de reflexión sobre aspectos como los modelos de desarrollo, la inequidad y el acceso a los bienes y servicios de la ciencia y la tecnología, y sobre todo al sentido de responsabilidad necesario para continuar viviendo en mejores condiciones.

Los enfoques CTS no precisan hacer del currículo un asunto difícil y complejo para poder ser implementados. Se insertan subrepticamente bajo modalidades tan accesibles como pueden ser pequeños debates, por ejemplo, sobre la contaminación atmosférica que impide ir a la escuela en ciertos días del año, o un análisis en clase sobre los efectos y las responsabilidades de los deslizamientos de las basuras y rellenos

sanitarios de una ciudad, o la pérdida del empleo del padre de un alumno por el cierre de la fábrica al no poder competir con productos importados tras la globalización de los últimos años, etc. Tales injertos los puede hacer cualquier docente de secundaria siempre que quiera y se proponga estudiar un poco las interacciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Otras modalidades más complejas de educación CTS corresponden a enseñar ciencia o tecnología desde un problema directamente asociado a los desequilibrios del desarrollo científico-tecnológico. En ese caso, el trabajo en equipo puede ser un gran remedio para abonar la discusión sobre el tipo de problema, así como para el análisis del sistema tecnológico que puede involucrar. En grupo se enfrentan mejor las incertidumbres en la escuela. Por último, un curso específico CTS no parece muy cercano a los docentes de América Latina, al menos por ahora, debido a los currículos existentes. Pero sería ideal explorar en ese sentido.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, J. A. (1996): «La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS. Una cuestión problemática», en: *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, núm. 26, pp. 131-144.

— (1996b): «La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema», en: *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 14, núm. 1, pp. 35-44.

ASTIGARRAGA, E. (1996): «Tecnología, educación y empresa, una aproximación desde la experiencia de Mondragón», en: *Memorias del Primer Congreso Latinoamericano y Primero Colombiano de Educación en Tecnología*, Bogotá, Edentec.

ASTOLFI, J. P. (1994): «El trabajo didáctico de los obstáculos en el corazón de los aprendizajes científicos», en: *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 12, núm. 2, pp. 206-216.

BAZZO, W. (1998): *Ciência, tecnologia e sociedade, e o contexto da educação tecnológica*. Florianópolis, Editora da UFSC.

BIJKER, W. E.; HUGHES T. P., y PINCH, T. (eds.) (1987): *The social construction of technological systems*. Cambridge (Mass.), MIT Press.

CABAL, A. C., y VALENCIA, V. H. (2000): *Ciencia y tecnología en los currículos para la educación media en los países del Convenio Andrés Bello*. Bogotá, Tercer Mundo Editores.

CUTCLIFFE, S. (1990): «CTS: Un campo interdisciplinar», en: M. Medina, y J. Sanmartín.

ELLUL, J. (1960): *El siglo xx y la técnica*. Barcelona, Labor.

GIORDAN, *et al.* (1994): *L'alphabétisation scientifique et technique, XVI Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et industrielles*. París, Universidad París VII.

GONZÁLEZ, *et al.* (1996): *Ciencia, tecnología y sociedad, una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid, Tecnos.

GONZÁLEZ, M^a. C. (1996): «Principales tendencias y modelos de la educación ambiental en el sistema escolar», en: *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 11, mayo-agosto.

HUGHES, T. P. (1994): «Technological momentum», en: Smith y Marx.

— (1987): «The evolution of large technological systems», en: W. E. Bijker; T. P. Hughes, y T. Pinch (eds.).

JACOBS, M. (1997): *La economía verde. Medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro*. Barcelona, Icaria.

KORTLAND, J. (1992): «STS in secondary education: Trends and issues», en: Conferencia del Congreso *Science and technology studies in research and education*. Barcelona.

LATOURETTE, B. (1993): *Nunca hemos sido modernos*. Madrid, Debate.

LÓPEZ, J. A.; MARTÍN, M., y OSORIO, C. (2001): «La Educación en valores a través de CTS», en: *La educación en valores en Iberoamérica*. Madrid, Foro Iberoamericano sobre Educación en Valores, OEI.

LÓPEZ CEREZO, J. A. y SÁNCHEZ RON, J. M. (2001): *Ciencia, Tecnología, Sociedad y Cultura en el cambio de siglo*, Madrid, Editorial Biblioteca Nueva-OEI.

MEDINA, M. (2001): «Ciencia y tecnología como sistemas culturales», en: López Cerezo y Sánchez Ron.

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

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL (1996): *Educación en tecnología, Propuesta para la educación básica, Programa de educación en tecnología para el siglo XXI*. PET 21. Bogotá, Serie Documentos de Trabajo.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (1992): *Materiales didácticos, Ciencia, Tecnología y Sociedad, Bachillerato* (Resolución del 29 de diciembre de 1992). Madrid.

MORIN, E. (1999): *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. París, UNESCO.

NACIONES UNIDAS (1999): *Human development report 1999*. Nueva York, Oxford University Press.

PACEY, A. (1999): *Meaning in technology*. Cambridge, The MIT Press.

— (1990): *La cultura de la tecnología*. México, Fondo de Cultura Económica.

PETRELLA, R. (1994): «¿Es posible una ciencia y una tecnología para ocho mil millones de personas?», en: *REDES, Revista de estudios sociales de la ciencia*, vol. 1, núm. 2, pp 5-26.

REMMEN, A. (1995): «Pollution prevention, cleaner technologies and industry», en: A. Rip; T. Misa, y J. Schot (eds.).

RIP, A.; MISA, T., y SCHOT, J. (eds.) (1995): *Managing technology in society*. Londres, Pinter.

ROE SMITH, M. y MARX, L. (eds.) (1996): *Historia y determinismo tecnológico*. Madrid, Alianza Editorial, S. A.

SÁNCHEZ RON, J. M. (2000): *El Siglo de la Ciencia*. Madrid, Grupo Santillana de Ediciones, S. A.

SANMARTÍN, J., y LUJÁN LÓPEZ, J. L. (1992): «Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad», en: J. Sanmartín, *et al.* (eds.).

SANMARTÍN, J., y ORTÍ, A. (1992): «Evaluación de tecnologías», en Sanmartín, *et al.* (eds.).

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

SANTANDER, M. T. (1998): *Primer coloquio iberoamericano sobre ciencia, tecnología y sociedad*. Santiago de Chile, Mimeo.

SOLOMON, J. (1983): *Health, food and population*. Oxford, Basil Blackwell Limited y Association for Science Education.

SUTZ, J. (1998): «Ciencia, tecnología y sociedad: argumentos y elementos para una innovación curricular», en: *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 15, septiembre-diciembre, pp. 145-169.

UNESCO (2000): *Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe (PRELAC)*.

UNIVERSIDAD DEL VALLE (1996): *Programa de formación docente en ciencia, tecnología y sociedad*. Cali, Mimeo.

VACCAREZZA, L. (1998): «Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en América Latina», en: *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 15, septiembre-diciembre, pp. 13-40.

WAKS, L. (1990): «Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos intelectuales», en: M. Medina y J. Sanmartín.

WAKS, L., y ROSTUM, R. (1990): «El ABC de ciencia, tecnología y sociedad», en: *National STS Net-Work*, Pennsylvania State University.

WINNER, L. (2001): «Dos visiones de la civilización tecnológica», en: López Cerezo y Sánchez Ron.