

4

Relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad

María Eduarda Santos

“Todos los estudiantes serán ciudadanos. Todos serán consumidores de productos y servicios de la ciencia y de la tecnología. Todos han de asumir ser responsables de los beneficios y riesgos del conocimiento científico y tecnológico, de sus productos, sistemas y servicios. Todos tomarán decisiones en relación con las materias de ciencia y tecnología por su participación en la toma de decisiones en democracia o por su falta de participación”.

Ramsey

EL ACTUAL contexto internacional de investigación en didáctica de las ciencias apunta hacia una orientación de la enseñanza de las ciencias en un sentido más humanista. Un sentido que prima una comprensión disciplinar de la ciencia como cultura y el valor ético de la ciencia en sus interacciones con la tecnología y con la sociedad. Esta perspectiva no es de hoy sino que tiene una larga tradición. Filósofos y educadores como Dewey, Whitehead y Snow señalaron, como un notorio error pedagógico, la separación de la ciencia de la sociedad y de la tecnología. Con todo, el ambiente con que el principio de este milenio acoge una reconceptualización de la enseñanza de las ciencias (cambio de la concepción de “enseñanza de la ciencia pura” para la “concepción CTS”), lleva a enmarcarla en las fuerzas de cambio social y, fundamentalmente, en las fuerzas de cambio internas a la ciencia y la tecnología que se

portamiento de la ciencia actual requieren que tales cambios sean considerados, sistemáticamente y en conjunto, en términos de política educativa.

SISTEMAS TECNOCIENTÍFICO, SOCIO-CIENTÍFICO Y SOCIO-TECNOLÓGICO

"Objetividad racional/objetividad técnica/objetividad social son tres características fuertemente relacionadas. Si se olvida una de estas características de la cultura científica se entra en el dominio de la utopía".

Gaston Bachelard

A pesar de que la ciencia, la tecnología y la sociedad tienen sus prácticas y discursos propios, hay que señalar la tendencia epistemológica actual en el sentido de una sola inteligibilidad. En realidad, sus formas de conocer no son estancas, hay puentes muy estrechos que las unen. Interrelaciones e intercomunicaciones son estrategias de diálogo entre los subsistemas del sistema dinámico CTS. Sin embargo, tales estrategias no implican cambiar discursos plurales para articularlos en una totalidad. Así, partiendo de la premisa de que conocer implica ser capaz de distinguir pero también de volver a juntar, de varios modos, lo que fue diferenciado, vamos comenzar por considerar los sistemas tecno-científico (CTI), socio-científico (CS) y socio-tecnológico (TS); de las relaciones entre ellos se espera vivificar el sistema CTS.

Sistema tecnocientífico. La tecnología

La ciencia y la tecnología no tienen la misma naturaleza, no son una misma entidad, o sea, el término ciencia y el término tecnología no se aplican a un mismo concepto. La tecnología, en su esencia, no focaliza la dimensión ontológica y la dimensión pragmática no es la esencia de la ciencia. Existen, con todo, lazos entre estas dos entidades. Lazos que no impiden considerarlas con objetivos, finalidades, metodologías, prácticas y discursos propios, y que no son tan fuertes como para hacer imposible hablar de una sin la otra, pero que no son tan flojos como para liberarse con facilidad. Son lazos que unen conocimientos de naturaleza diferente más con dependencia mutua (Ver Layton, 1983). Estos lazos se han estrechado, cada vez más, en la medida en que el aspecto operativo (asociado a la tecnificación de la experiencia y a la matematización) se volvió esencial en la ciencia (Hottlois, 1992; Ladrière, 1977; Latour, 1989, y Roqueplo, 1983). De hecho, sin prejuicio de la existencia de zonas de investigación fundamental, la relación entre la ciencia y la técnica es cada vez más orgánica.

Hasta el Renacimiento, la concepción dominante de ciencia corresponde a un saber especulativo de naturaleza contemplativa. Se inscribe en el interior de un proyecto filosófico del saber (Ver Hottlois, 1992).

A partir del Renacimiento, con la emergencia de la ciencia moderna, la operatividad comienza a marcar la ciencia. Se van estrechando los lazos entre la ciencia y la técnica y comienza a construirse el proyecto de la tecnociedad. En Bacon y Descartes ya encontramos una anticipación de la necesidad de que el conocimiento humano no sea visto como una representación teórica sino también como una dominación práctica. Hay que resaltar que la mayoría de los científicos del siglo XVI son técnicos. La ciencia de Copérnico, Galileo, Bacon y Descartes valora "la matematización, la interacción experimental y la invención tecnológica" (Hottlois, 1992, pág. 181). La obra de Galileo es una de las mejores ilustraciones de las relaciones entre teoría científica y mediación técnica, entre experimentación e instrumentación técnica, entre una técnica artesanal empírica sin base teórica y el carácter operativo de la ciencia actual. Podemos concluir, pues, que la operatividad de la ciencia, a pesar de constituir una marca de nuestros días, no es de ahora.

La actualidad está marcada por un profundo cambio del comportamiento de la ciencia. El proyecto de la *tecnociedad* (término que mejor define a la ciencia posmoderna), que estaba siendo construido de manera progresiva desde el siglo XVI, ganó cuerpo en la posguerra mundial. En la investigación científica posmoderna, la ciencia y la tecnología no son abordadas como entidades separadas, sino como un sistema cognitivo para la producción de nuevos conocimientos. La eficacia operativa de la tecnociedad es hoy un importante índice de científicidad, del mismo modo que la teoría científica es un importante instrumento para la acción, para la manipulación, para la construcción y para la transformación. En una orientación instrumental de la investigación científica (cuyo objetivo final es la creación de productos de mercado) nos remitimos a una ciencia utilitaria, que tiene como función primordial proveer de una base de conocimiento para un uso potencial; es una ciencia ligada a la tecnología por la necesidad de éxito lucrativo y también de una investigación pura, y unida a una dialéctica entre conocimiento y producción. Remite a un modo de producción del conocimiento científico diferente de aquel a que el discurso sobre la ciencia nos tiene tradicionalmente habituados y al que hacemos referencia más adelante.

Dado que la ciencia actual, más que un sistema de representación es un modo de acción, la escuela no puede continuar ignorando que la integración de la ciencia y de la tecnología provee una distinción esencial entre ciencia disciplinar y tecnociedad, entre "ciencia moderna" y "ciencia posmoderna". No se puede continuar silenciando que la simbiosis Ciencia-Tecnología penetra profundamente en nuestra vida diaria reconstruyéndola; que modifica no sólo nuestra interpretación del mundo, del mundo propio, sino también la forma en que nos vemos integrados en ese mundo; que transforma la realidad e influencia culturalmente la forma como pensamos y nos comportamos. Basándonos en estos argumentos, una enseñanza que tenga en cuenta el comportamiento de la ciencia actual intenta superar orientaciones idealistas y materialistas de la ciencia, prefiriendo otras de tipo interaccionista (Santos,

La ciencia de la tecnología

1999, págs. 143-148). De hecho, aunque la ciencia pueda preceder a la tecnología y la tecnología pueda preceder a la ciencia, la tecnología moderna implica mucho más que una aplicación rutinaria de las construcciones teóricas de los científicos y la ciencia posmoderna implica mucho más que instrumentación y procesos tecnológicos. La ciencia y la tecnología son interdependientes en la medida en que:

- Los avances y el poder de una se transforman en avances y poder de la otra.
- Conjugan la sanción de la verdad con la sanción de eficacia.
- Son condición y consecuencia una de la otra; la ciencia crea nuevos seres técnicos y la técnica crea nuevas líneas de objetos científicos.
- Ambas recurren a los conocimientos y a los procesos técnicos existentes, para continuarlos o refutarlos.
- Cada una se sirve de los recursos de la otra, crean instrumentos una para la otra.
- Exigen equipos interdisciplinares que incluyen científicos y tecnólogos.
- La "ciencia estratégica" se ha ido aproximando a la tecnología en la medida en que ha ido privilegiando, cada vez más, el aspecto operativo.

Sistema socio-científico

En la ciencia actual la estructura lógica del conocimiento científico ya no es creíble fuera del contexto de la sociedad de la argumentación, del conocimiento intensivo emergente, de la comunicación, de la globalización, del ambiente simbólico, del consumismo... Los impactos culturales, éticos, filosóficos, políticos, económicos y educativos de los desarrollos científicos y tecnológicos son tan amplios, tan profundos y provocan tales éxitos y tensiones, que no podemos permanecer ajenos a ellos. Cuestiones éticas y de valores sociales, implicaciones del público lego y la percepción de la ciencia como una institución social son hoy abordadas como dimensiones relevantes del conocimiento científico. Uno de los ejemplos con más éxito de concreción de esta relación Ciencia-Sociedad es la bioética. La bioética traduce la creciente intervención de la sociedad en el mundo de la ciencia. Traduce una intervención activa que pone en cuestión valores internos a la ciencia en favor de valores esenciales para la humanidad. Traduce una intervención en el mundo de la ciencia, en su modo de ser y de estar —en otro comportamiento científico—. En la bioética hay imperativos tecnocientíficos que, progresivamente, van cediendo lugar a imperativos socioéticos. En bioética, el progreso tecnocientífico ya no está apenas dirigido por el saber y por la comunidad científica, y tal vez prioritariamente, es dirigido por las reflexiones éticas de la comunidad civil (Archer, 1995). Más allá de entender la bioética como un ejemplo paradigmático de conexión Ciencia-Sociedad, el

comportamiento de la ciencia actual hace imposible comprender la estructura lógica de determinados conocimientos científicos fuera del contexto de la sociedad. En realidad hay cambios en el discurso de la ciencia que evidencian profundas transformaciones de su comportamiento:

- El discurso de la "ciencia moderna" tiene como imagen dominante la de la "ciencia pura" (Santos, 1999, págs. 15-16). Privilegia la idea de que la ciencia se desenvuelve en dirección a la verdad, siguiendo sus propios fines, sus propias razones, sin el peso del contexto social. Una ciencia, estrictamente disciplinar, cuyo saber es generado en función de las dinámicas internas de contextos académicos, un saber que puede, posteriormente, ser transferido para contextos de aplicación distintos de los de su producción. Una ciencia dominada por un conocimiento en ruptura con el sentido común, que no ocupa un lugar central en su práctica habitual.
- El discurso de la "ciencia posmoderna" traduce profundos cambios en el comportamiento de la ciencia. Tiene en cuenta que los científicos trabajan en un contexto social más vasto de lo que lo es la ciencia estrictamente disciplinar. Refleja una época de configuración transdisciplinar, de profundización en la "sabiduría práctica", de reencuentro con el saber práctico y con el sentido común, de ampliación de los contextos en los que la ciencia opera, de estrechamiento de sus relaciones con los contextos sociales, éticos y culturales. Evidencia, sobre todo que, más allá de la manera en que nos habituamos a identificar toda la producción de la ciencia, existe otro modo de producción, en un proceso de coproducción y de evaluación en que los contextos no disciplinares demandan la producción de saberes y de competencias. Un modo de producción que se caracteriza por la operatividad, por una evaluación externa de la calidad de los resultados, que está marcado por situaciones de aplicación, que depende de las actuales políticas de planificación y de desarrollo, y que implica relacionar la ciencia con los asuntos humanos, con la tecnología, con la calidad de vida, con el progreso social (Gibbons *et al.*, 1994 y Santos, 1999, 2001). La "nueva" relación conocimiento científico/sentido común, la ampliación de los contextos en que la ciencia opera, así como la comprensión de este nuevo modo de producción de la ciencia no pueden dejar de tener repercusiones en la comprensión de las relaciones CS. Entre ellas podemos incluir tendencias curriculares como la "cognición situacional" (Hennessy, 1993; Jenkins, 1994 y Young, 1994), y otras que llaman la atención sobre la importancia del "conocimiento en acción" y sobre los conocimientos científicos estructurados a través de actividades del día a día con dimensión científica.

En suma, la evolución de la posición social de la ciencia en la relación Ciencia-Sociedad no puede dejar de tener repercusiones en la enseñanza de las

ciencias. Es a partir de la toma de conciencia sobre las interdependencias Ciencia-Sociedad como se pueden contrariar tendencias del ámbito curricular orientadas a la enseñanza de la ciencia pura. Por otro lado, desde una posición posmoderna, acentuadamente relativista, basada en argumentos epistemológicos, culturales, éticos y políticos, comienzan a surgir visiones deterministas radicales en el interior de la sociología de la ciencia que tienden a reducir la ciencia a una actividad social como cualquier otra, o que defienden que el ideal de la ciencia se desplazó de la búsqueda de la verdad hacia la utilidad, o que ya no es posible salvaguardar el universalismo o el objetivismo de la ciencia, heredado del "espíritu de las luces", reduciéndola a una racionalidad operativa. Sin caer en reduccionismos extremos, podemos concluir que la enseñanza de la ciencia en su relación con la sociedad camina en el sentido de una interdependencia cada vez mayor en la medida en que se apela a una:

- "comprensión pública de la ciencia";
- implicación en acciones prácticas con tomas de decisiones;
- restitución del conocimiento científico en las prácticas de lo cotidiano;
- comprensión de la "ciencia como empresa social";
- "aproximación cultural de la ciencia";
- comprensión de lo que acerca y lo que separa ciencia, pseudociencia y no ciencia.

Sistema socio-tecnológico

La neutralidad de la técnica fue radicalmente puesta en cuestión por una corriente antropológica representada en Francia por Latour y por Callon —"aproximación antropológica de las ciencias y de las técnicas"— que llama nuestra atención hacia los lazos sociales que unen las sociedades con la técnica. De hecho, la técnica interactúa fuertemente con la ciencia pero en mayor medida lo hace con la sociedad incorporando preferencias de ésta y produciendo modificaciones en ella. Tiene, es evidente, influencia en la forma como las personas viven. Las nuevas tecnologías han alterado radicalmente la forma de vivir en sociedad; cómo el poder se conquista, ejerce y mantiene el poder, cómo se cumple, se trabaja, se produce, se hace la guerra, se consume, se organiza la enseñanza, el crimen, el terrorismo... Así, los conceptos intelectuales, el contexto cultural y el momento histórico en que la tecnología se usa son tanto o más importantes que las propias competencias tecnológicas.

Las controversias sociales relacionadas con la técnica no pueden concernirse en cuestiones de eficacia, beneficio, riesgo y reglamentación. Importa tener en cuenta que los productos de la actividad tecnológica tienen que satisfacer criterios externos diversos. No es suficiente que el producto 'funcione'

(que haga lo que se supone que hace), sino que además tiene que satisfacer una gama diversa de condiciones de naturaleza social que pueden incluir el impacto ambiental, el coste, las preferencias estéticas, las exigencias ergonómicas, la extensión del mercado... Consecuentemente, las decisiones tecnológicas, no sólo dependen del conocimiento científico sino también de muchas otras formas de conocimiento de importancia social y de manera particular, de la incorporación de las opciones sociales a las técnicas. De hecho, cuando se concibe un proyecto técnico es importante evaluar cuestiones como: ¿las soluciones son viables?, ¿permiten alcanzar los objetivos?, ¿entran en conflicto con la ley?, ¿son satisfactorias desde el punto de vista estético?, ¿son financieramente rentables?, ¿generan problemas sociales?, ¿comllevan problemas éticos?... Así, según la naturaleza del proyecto, importa tener en cuenta no sólo los conocimientos científicos sino también opiniones de economistas, sociólogos, comerciantes, artistas, juristas, banqueros... En realidad, la técnica no funciona sólo en el plano empírico, sino también en el plano de lo que pensamos y de lo que experimentamos del mundo. La dimensión humana de la técnica es una dimensión cada vez más importante y con un papel estructurante de la vida social y cultural contemporánea. "La cultura no puede ignorar en la realidad técnica una realidad humana" (Simondon, 1989, pág. 9). "Lo humano, lo social, lo cultural, tanto como lo físico o lo biológico participan de la técnica. Por eso, la crítica de la técnica no puede ser reservada a los técnicos" (Lévy, 1992, pág. 230). También por eso, una educación para la ciudadanía no puede ignorar la técnica en sus relaciones con la sociedad (ver Clarke, 1996).

La tradición triunfalista positivista, con su idolatría por los hechos y con su ciega confianza en el progreso, intentó reducir la técnica a los utensilios, máquinas y a un conjunto de procedimientos resultantes de la aplicación de teorías científicas objetivas y rigurosamente demostradas. Las máquinas fueron consideradas como vehículos infalibles de progreso, los productos de la gran industria como servicios esenciales; la técnica como un conjunto de aplicaciones de una ciencia preocupada en mejorar el destino de la humanidad... Este modo de ver la técnica, demasiado simplista, tiende a ser sustituido por otro que no reduce la relación Tecnología-Sociedad pensando que la sociedad va a remolque de la técnica y, aunque considera la técnica motor de la sociedad, también reconoce a la sociedad como motor de la técnica.

La sociedad como motor de la técnica

La sociedad puede funcionar como *motor de la técnica* a diferentes niveles:

— *A nivel de imaginario social.* Casos en que la concepción de las técnicas y de las máquinas se puede inscribir en lo maravilloso, en "delirios oníricos". Los humanos, dice Valéry (1924), "siempre trabajaron para obligar al sueño a entrar en la vida real": actuar a distancia, transmutar metales,

desplazarse en medios prohibidos para nuestra especie, visitar otros astros, hablar, ver, oír y hacerse oír en todo el mundo... son algunos de los sueños, se dice, que el hombre, desde siempre, intentó hacer pasar del dominio de los sueños al de lo posible y de lo posible al de lo real gracias a las técnicas y a las máquinas. La mitología del "robot" o de los autómatas, que los "media" mantienen viva, apela a funcionamientos artificiales, apela a la evolución de "cosas" que "funcionan solas". De hecho, aunque en su esencia el objeto técnico representa una solución para un problema práctico, en aspectos no esenciales, es antes una solución para conflictos sociales o psicológicos (Baudrillard, 1970).

- *A nivel de modelos económico-organizativos.* Cada objeto técnico-industrial está relacionado con el sistema económico (comercialización, distribución, consumo, concurrencia...) y con el sistema social (búsqueda social que nos indican los estudios de mercado y cuyos resultados transforman el sistema de producción en lista de pedidos). Así, la construcción de los objetos técnicos incorpora opciones de la sociedad a diferentes niveles: concepción, construcción (producción) e utilización (consumo), (Deforge, 1981). "Todo objeto técnico es concebido y construido en función de una finalidad, de un objetivo a alcanzar" (Perrin, 1992, pág. 109).

- *A nivel de factores socio-políticos y de ideologías sociales.* Las ideologías y los factores sociopolíticos y socioeconómicos situados como motor de la tecnología tienen un relevante papel en el desarrollo técnico. Breton (1994) subraya que, aunque los diferentes discursos sociales tratan de hacer creer que el desarrollo de los ordenadores es una respuesta a necesidades sociales, en realidad es, en primer lugar, una "producción ideológica" cuya paternidad se debe a Wiener. De hecho, este autor, apoyado en la cibernética, construyó un sistema utópico en el que a la comunicación se le atribuye un papel crucial en la orientación e incentivación de los ingenieros y, consecuentemente, en el movimiento de innovación técnica.

La sociedad a remolque de la técnica

La técnica puede funcionar como motor de la sociedad a diferentes niveles:

- *A nivel de su impacto en los medios natural y cultural.* El impacto en el medio natural, por su relevancia, es el más mencionado en la literatura científica. Se refiere a problemas ambientales y culturales que la ciencia y la tecnología intentaron estudiar y tratar, y frecuentemente hacen crecer, aumentando los riesgos. De hecho, tenemos que estar precavidos contra tecnologías materiales e intelectuales que una vez adoptadas nos teledirigen.

- *A nivel de los modos de sentir y ver el mundo.* Así como el imaginario social tiene impacto en la génesis tecnológica, la tecnología tiene impacto en la imaginación, en el sentido común, en las utopías, en los mitos, en los sueños, en los fantasmas, en las costumbres, en los valores y, de un modo general, en los hábitos sociales. De hecho, la técnica y las máquinas no organizan apenas bienestar, redes de información y modos de actuar, estructuran su propio imaginario. Así como por medio del imaginario nuestro medio social se vuelve cada vez más "técnico", la utilización repetida de técnicas cada vez más sofisticadas (como las informáticas) refuerza ideologías y utopías. Como señala Brun (1992), el dominio tecnológico del fuego y del vuelo dio carta de naturaleza a lo que era entendido hasta entonces como sobrenatural. Las tecnologías de la transmisión instantánea de la imagen y del sonido alteraron profundamente los hábitos sociales y volvieron naturales, e incluso banales, muchas utopías, sueños y ficciones. El uso de las así llamadas "nuevas tecnologías" hace que los humanos se vayan desligando física y culturalmente del mundo real (realidad virtual, internet, teletabajo...) y que se vuelvan incapaces de prescindir de los artefactos en una "histeria de consumo". La publicidad ha contribuido mucho a que las sociedades actuales esperen de la ciencia y de la técnica la salvaguarda de sus ilusiones a vivir sueños. Así, en el siglo del culto al hecho, de la argumentación, de la hipertecnificación, de la razón, de las ideas claras, de la lógica, de la prueba, del método científico, de la guerra contra supersticiones alienantes, resurgen mitos, magias, fabulaciones, sectas religiosas... a las que la ciencia y la técnica habían pretendido poner fin. La ciencia ficción, poderosa fuente de anticipación de sociedades dominadas por las técnicas, confiere un papel fundamental a ambientes imaginarios donde abundan extraterrestres con técnicas considerablemente más avanzadas que las nuestras.

En suma, se pretende mostrar, a través de la enumeración de algunos aspectos tecnológicos atravesados por lo social, que la tecnología es impenable fuera de la sociedad. Su modo de producción incorpora opciones de la sociedad y produce en ésta grandes cambios sociales y culturales. La presión social sobre la tecnología y la presión tecnológica sobre la sociedad se manifiestan de diversas formas. Resulta pues, reduccionista que los currículos de ciencias se limiten a llamar la atención sobre la presión de las técnicas sobre el ambiente natural —impacto ambiental— porque, a pesar de ser extremadamente importante, no debe llevar a silenciar otras relaciones de interdependencia. Es también limitador para la ética ambiental y social prescindir de una reflexión crítica sobre las manifestaciones arrogantes de la tecnociencia. La consciencia de las diferentes interdependencias puede llevar a evitar tendencias, que a nivel curricular, ignoran la técnica o la reducen a algunos objetos técnicos. De hecho, cuando la publicidad, la ciencia-ficción y las nuevas tecnologías engendran histerismos de consumo y vuelven a juntar en la sociedad

lo racional y lo delirante que la ciencia moderna se había esforzado en separar, ¿qué hace la escuela?, ¿qué tratamiento da a las técnicas y a las máquinas que se construyeron contra los sueños pero también sobre los sueños?, ¿qué hace la tecnología?, ¿da a conocer y analiza los "discursos sobre la técnica", ¿desmonta los "discursos publicitarios"? ¿hace ver que en las revoluciones tecnológicas siempre hay ganadores y perdedores?, ¿qué hace contra la aceptación acrítica de la ciencia y de la tecnología?, ¿explora temas científicos actuales con valor instrumental cívico e social?, ¿educa para una mirada anticipativa en relación con la tecnología?, ¿ayuda a pensar para rechazar sus efectos negativos o para aprovechar su papel social positivo?, ¿conduce a un análisis del papel tecnológico-arrogante que está ahondando la grieta existente entre los países más desarrollados y el resto del mundo?...

SISTEMA CTS

Las relaciones epistemológicas, praxiológicas e axiológicas, como las que se han señalado, entre la ciencia y la tecnología, entre la ciencia y la sociedad y entre la tecnología y la sociedad, cuando se unen, nos trasladan de los binomios Ciencia-Tecnología, Ciencia-Sociedad y Tecnología-Sociedad al trinomio CTS, que fundamenta la actual tendencia a incorporar la dimensión CTS a la escuela y que estableció, como prioridad, una aproximación a las realidades de esta y que esta tendencia intenta orientar los currículos para la acción, para lo cotidiano. Esta tendencia intenta orientar los currículos para la acción, para cuestiones de valores y para la responsabilidad social, recurrir a medios innovadores en la utilización de materiales y de conocimientos científicos (esencia de la actividad tecnológica) y a situaciones que permitan debates éticos y culturales (un currículo CTS no puede ser ni ética ni culturalmente neutral).

En el ámbito de la didáctica de las ciencias, importa develar el hecho de que la actual reconceptualización procede fundamentalmente de profundos cambios en los comportamientos de la ciencia, de la tecnología y de la sociedad que se reflejan en interacciones de tipo Ciencia-Tecnología, Ciencia-Sociedad y Tecnología-Sociedad. En realidad, la comprensión ortodoxa del comportamiento tradicional de la ciencia, de la tecnología y de la sociedad es poco propicia a la identificación de contradicciones curriculares y ayuda poco a innovaciones curriculares tipo CTS.

La concepción CTS de la enseñanza de la ciencia, al contrario de la concepción de enseñanza de la ciencia pura, nunca olvida la tecnología y la sociedad; de ahí la sigla CTS. Está atenta al creciente interés mundial por la "cultura del hacer" y apuesta por currículos de ciencias más tecnológicos y humanamente más relevantes. (Re)valoriza la aplicación del conocimiento científico, el conocimiento práctico, las características propias de lo simbólico y trata de satisfacer necesidades de reconstrucción y reformulación del conocimiento científico aplicado a otros sistemas. La concepción CTS de la enseñanza de las

ciencias está particularmente influenciada por los cambios en la ciencia. Así, una confrontación entre los comportamientos de la "ciencia moderna" y los de la ciencia, que hoy muchos llaman "posmoderna" ayuda a clarificar y fundamentar aquella concepción de la enseñanza. De la misma manera, el medio sociocultural contemporáneo ha tenido un peso significativo en los cambios de comportamientos de la ciencia y de la tecnología que, a su vez, repercuten en cambios sociales, y todo ello no puede dejar de tener reflejo en la actualización de los discursos curriculares. Estos discursos ocasionan pérdidas educativas significativas cuando:

- "olvidan" tales influencias recíprocas;
- continúan perpetuando "viejas" ideas incontrvertidas y estereotipadas sobre usos y costumbres de la ciencia y los tradicionales contenidos científicos académicos;
- silencian el carácter operativo de la ciencia actual, como uno de sus aspectos más marcados;
- no consiguen traer a la enseñanza de las ciencias valores relacionados con contextos de acción;
- inviabilizan la deseada proyección de la enseñanza de las ciencias hacia el contexto del mundo real (Santos, 1998, 1999 e 2001).

La perspectiva escolar encuadrada por el sistema CTS nos reenvía a la necesidad de preparar a los estudiantes para el ejercicio de la ciudadanía, lo que se denomina *Alfabetización Científica y Tecnológica* (ACT). La metáfora de la alfabetización tiene que ver con el hecho de la integración en la sociedad posindustrial, impregnada por la tecnociencia en el siglo XX, y la exigencia de ciudadanos técnica y científicamente "alfabetizados", a semejanza de la exigencia básica de saber leer y escribir —ser alfabetizado— para integrarse en la sociedad industrial del siglo XIX.

La alfabetización científica y tecnológica se basa en la convicción de que el estudiante como ciudadano tiene derecho a prepararse para la posibilidad de participar, de algún modo, en las aventuras intelectuales de la ciencia y la tecnología que marcan el "curso de su vida". Este derecho está basado en el presupuesto de que todos son capaces de desarrollarse en cierta medida para interpretar y discutir exploraciones tecnocientíficas contemporáneas y para desarrollar intereses en lo que acontecerá en el ámbito CTS a lo largo de sus vidas.

Hay que señalar que, aunque es prácticamente la misma la realidad designada por las siglas CTS y ACT, CTS nos señala los lazos entre los tres polos de aquella tríada, y ACT nos indica un objetivo escolar reclamado, desde hace mucho tiempo, por los movimientos humanistas de la educación científica: la promoción de la cultura científica y tecnológica y la transformación del conocimiento científico "escolarizado" en conocimiento de lo cotidiano. Esta

transformación no pone, necesariamente, en cuestión el lugar de la ciencia y de la tecnología en la sociedad.

Un argumento de peso a favor de la ACT constata cómo muchos no usamos directamente nuestra comprensión de la ciencia escolar en la vida cotidiana ni en nuestras profesiones; es un argumento a favor de un conocimiento útil y con significado social, funcional y orientado por el contexto social que prepara para la vida informando a los ciudadanos; que funcione más como medio que como fin en sí mismo; que se constituya en instrumento para comprender la acción y sobre todo para interactuar con ella. La necesidad de comprender cuestiones sociales relacionadas con la ciencia y con la tecnología exige que las personas sean científica y tecnológicamente alfabetizadas. Esta necesidad está ampliamente determinada porque la ciencia y la tecnología son empresas con influencias significativas en la vida privada y pública. Sintomas de "analfabetismo" científico-tecnológico más que de un "déficit" de conocimientos tecnológicos, es no saber cómo utilizar los conocimientos para negociar, argumentar y actuar en situaciones concretas, tener exceso de confianza en la tecnología y de desconfianza en su propio potencial de comprensión de las ciencias y de las técnicas.

Dado que en el actual cambio de siglo *el ambiente es un ejemplo paradigmático de relación CTS*, la ACT ha dado particular relieve a la educación ambiental teniendo a la vista la "pedagogía ambiental para la acción". Numerosos problemas sociales relacionados con la "crisis ambiental global" suscitan en la sociedad un amplio conjunto de preguntas y potencian nuevas formas de participación de los ciudadanos en la vida social. Problemas con los que nos enfrentamos a escala mundial (contaminación ambiental, escalada armamentista, hambre, estrés, alienación...) evidencian que la sociedad es un "escaparate" de la ambivalencia moral de la ciencia y de la tecnología. El carácter ambivalente de las soluciones tecnológicas está relacionado con los contextos diferentes de los dos mundos, el tecnocientífico y el cotidiano. Así, podemos concluir con Tijmes (1991) que el cambio de situaciones y de contextos imposibilita la defensa de la neutralidad moral de la ciencia en nuestras vidas y atribuye un lugar destacado a la responsabilidad social. Una educación ambiental en términos CTS apela, pues, a la necesidad de debatir las características ambientales de los procesos y procedimientos de la ciencia y de la tecnología, que ponen en juego valores que sólo pueden ser resueltos escogiendo. Se necesitan debates que impliquen alternativas favorables a la dignidad individual y social de los humanos y la salvaguarda de la biosfera y que eviten alternativas no deseadas. La pedagogía ambiental CTS es indisoluble de una ética ambiental, de respeto y de responsabilidad, y apela a un análisis de estrategias preventivas y reestructurativas de la política global ambiental, en el sentido del desarrollo de la "conciencia tecnológica", entendida como una conciencia de las implicaciones personales, sociales, morales, económicas y sobre todo ambientales del desarrollo tecnológico; una política que no subestime, como causas de la crisis ambiental, nuestro propio estilo de vida, la actual organización econó-

mico-social y la visión tecnológico-arrogante de comprensión del mundo. Una pedagogía ambiental intervencionista requiere la identificación, el diagnóstico y sobre todo la promoción de mecanismos resolutivos innovadores y no una lista de "recetas para uso rápido" para los problemas ambientales globales emergentes. En realidad, una formación para el ejercicio de la ciudadanía en el dominio de la educación ambiental no se puede limitar a una pedagogía de las catástrofes, tiene que ir más allá de los tradicionales toques alarmistas sobre tragedias ya producidas o anunciadas (Santos, 1999 y 2001).

CONCLUSIÓN

"El momento actual de la reforma educativa apela a una reconceptualización de la enseñanza de las ciencias, que la armonice con los comportamientos de la ciencia y de la tecnología modernas".

Paul Hurd

El desarrollo de una ciudadanía responsable, una ciudadanía individual y socialmente preparada para abordar problemas que tienen dimensiones científicas y tecnológicas, en un contexto que se extiende más allá del laboratorio y de las fronteras de las disciplinas, exige un currículo de ciencias que más allá de una validez científica tenga una validez cultural, un currículo que sobrepase la meta del aprendizaje de conceptos y de teorías relacionadas con los contenidos académicos; un currículo con el propósito de enseñar a cada ciudadano lo esencial para llegar a serlo de hecho, aprovechando las contribuciones de una educación científica y tecnológica. Así, más que aislar, debe intentar establecer interconexiones entre las ciencias naturales y los campos social, tecnológico, comportamental, cognitivo, ético y comunicativo y tener como objetivo la mayor parte de la población juvenil que necesita ser preparada para funcionar mejor en la sociedad y para afrontar mejor cuestiones que afectan a sus vidas.

Se preconiza que el currículo de ciencias, no descuidando el aprendizaje conceptual, "educación en ciencia", y sin caer en los tradicionales mitos y estereotipos sobre la naturaleza de la ciencia, dé valor reflexiones metacientíficas, "educación sobre ciencia", y, sobre todo, atienda a la "educación por la (a través de la) ciencia". Una educación así promoverá aspectos formativos de la educación científica y una alfabetización científica y tecnológica para todos que, partiendo del actual aumento en el reconocimiento del valor socio-cultural y ético de la ciencia y de su enseñanza, apoye una concientización social de la ciencia y la tecnología; que recurra a los saberes y competencias disciplinares y a los procesos de aprender y de pensar asociados para promover valores sociales, culturales, humanistas y cívicos.

En suma, una reflexión sobre las relaciones CTS estimula a que se desarrolle un esfuerzo para que la imagen escolar de la ciencia corresponda, cada

vez menos, a una disciplina neutral y sistemáticamente objetiva transmitida de generación en generación, porque esa imagen ignora aspectos funcionales y pragmáticos del saber científico y está desligada de cuestiones sociales, filosóficas, políticas, económicas y éticas. Se precisa un esfuerzo para que la ciencia y la tecnología penetren cada vez más intensamente en nuestro cotidiano social, constituyendo parte integrante de los debates culturales que precorran a la sociedad actual dominada por las ideas de consumo y de globalización. Es preciso un esfuerzo para construir ambientes educativos que sean en sí mismos ambientes ciudadanos, contemplando la enseñanza de principios y valores relacionados con algunos contenidos de la ciencia, con los comportamientos, la naturaleza y el estatuto de la ciencia y con el lugar de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHER, L. (1995): Orígenes científicos e ámbito transcientífico de la bioética. En *Publicações do II centenário da Academia de las Ciencias. A bioética e o futuro*. Lisboa, Academia de las Ciencias, 45-61.
- BAUDRILLARD, J. (1970): *La société de consommation*. Paris, Denoel. (Trad. esp.: *La sociedad de consumo*. Barcelona, Plaza y Janés, 1974).
- BRETON, P. (1992): *A utopia da comunicação*. Lisboa, Instituto Piaget.
- BRUN, J. (1992): *Le rêve et la machine*. Paris, La Table Ronde.
- CLARKE, P. (1996): *Deep citizenship*. London, Pluto Press.
- DEFORGE, Y. (1981): *Technologie et génétique de l'objet industriel*. Paris, Maloine.
- GIBBONS, M. et al. (1994): *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. London, Sage.
- HENNESSY, S. (1993): Situated cognition and cognitive apprenticeship: Implications for classroom learning. *Studies in Science Education*, 22, 1-41.
- HOTTOIS, G. (1992): Le règne de l'opérateur, en J. Prades (Ed.), *La technoscience. Les fractures des discours*. Paris, L'Harmattan, 175-197.
- JENKINS, E. (1994): Public understanding of science and science education for action. *Journal of Curriculum Studies*, 26, 1, 601-611.
- JONAS, H. (1993): *Le principe responsabilité: Une éthique pour la civilisation technologique*. Paris, CERF.
- LADRIÈRE, J. (1977): *Les enjeux de la rationalité: Le défi de la science et de la technologie aux cultures*. Paris, Aubier/Unesco.
- LATOUR, B. (1989): *La science en action*. Paris, La Découverte.
- LATOUR, D. (1983): *Science and technology education and national development*. Paris, Unesco.
- LÉVY, P. (1992): Quelle critique de la technique? en J. Prades (Ed.), *La technoscience. Les fractures des discours*. Paris, L'Harmattan, 225-244.
- PERRIN, J. (1992): L'importance décisive des modèles d'organisation en J. Prades (Ed.), *La technoscience. Les fractures des discours*. Paris, L'Harmattan, 95-119.
- ROQUEPLO, P. (1983): *Penser la technique, pour une démocratie concrète*. Paris, Seuil.
- SANTOS, M.E. (1998): *Mudança conceptual na sala de aula. Um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado* (2ª ed.). Lisboa, Livros Horizonte.
- SANTOS, M.E. (1999): *Desafios pedagógicos para o século XXI. Suas raízes em fontes de mudança de natureza científica, tecnológica e social*. Lisboa, Livros Horizonte.
- SANTOS, M.E. (2000): *Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI. Co-construção do saber científico e de la cidadania via ensino CTS*. en *Actas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, São Paulo.
- SANTOS, M.E. (en prensa): *A cidadania na "voz" dos manuais escolares. O que temos? O que queremos?*. Lisboa: Livros Horizonte.
- SIMONDON, G. (1989): *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris, Aubier.
- TJMES, P. (1991): Neither science nor technology should have the last say. *Bulletin of Science Technology & Society*, 11, 147-154.
- VALLBERY, P. (1924): *Variété*. Paris, Gallimard.
- YOUNG, M. (1994): Instructional design for situated learning. *Education Technology & Development*, 42, 1, 43-58.

