

EDUCACIÓN, CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Mariano Martín Gordillo (coord.)

Juan Carlos Tedesco

José Antonio López Cerezo

José Antonio Acevedo Díaz

Javier Echeverría

Carlos Osorio

Organização
dos Estados
Ibero-americanos

Para a Educação,
a Ciência
e a Cultura



Organización
de Estados
Iberoamericanos

Para la Educación,
la Ciencia
y la Cultura



CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS
ESTUDOS UNIVERSITÁRIOS

EDUCACIÓN, CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Mariano Martín Gordillo (coord.)

Juan Carlos Tedesco

José Antonio López Cerezo

José Antonio Acevedo Díaz

Javier Echeverría

Carlos Osorio

La colección **Documentos de Trabajo** es una iniciativa del Centro de Altos Estudios Universitarios de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) y su objetivo principal es difundir estudios, informes e investigaciones de carácter iberoamericano en sus campos de cooperación.

Los trabajos son responsabilidad de los autores y su contenido no representa necesariamente la opinión de la OEI.

Los **Documentos de Trabajo** están disponibles en formato pdf en la siguiente dirección: www.oei.es/caeu

Primera versión, octubre de 2009

EDITA

Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI
Bravo Murillo, 38. 28015 Madrid (España)
Tel.: (+34) 91 594 43 82 | Fax: (+34) 91 594 32 86
oei@oei.es | www.oei.es

COLABORA

Agencia Española de Cooperación Internacional
para el Desarrollo (AECID)

DISEÑO

gráfica futura

ISBN

978-84-7666-215-1

Estos materiales están pensados para que tengan la mayor difusión posible y de esa forma contribuir al conocimiento y al intercambio de ideas. Se autoriza, por tanto, su reproducción, siempre que se cite la fuente y se realice sin ánimo de lucro.

Estes materiais estão pensados para que tenham maior divulgação possível e dessa forma contribuir para o conhecimento e o intercâmbio de idéias. Autoriza-se, por tanto, sua reprodução, sempre que se cite a fonte e se realize sem fins lucrativos.

Índice

5	A MODO DE PRESENTACIÓN: ALGUNOS INTERROGANTES SOBRE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA (Mariano Martín Gordillo)
11	1. PRIORIDAD A LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: UNA DECISIÓN POLÍTICA (Juan Carlos Tedesco)
11	1.1. EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y REFLEXIVIDAD
13	1.2. ¿CÓMO ENFRENTAR LA CRISIS?
15	1.2.1. Prioridad a la enseñanza básica
16	1.2.2. Papel de los docentes. El rol de la Universidad en la formación docente
17	1.2.3. Enseñanza de las ciencias y divulgación científica
18	1.2.4. Promover innovaciones
19	1.2.5. Promover la cooperación internacional
19	1.3. COMENTARIO FINAL
19	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
21	2. CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD: EL ESTADO DE LA CUESTIÓN EN EUROPA Y ESTADOS UNIDOS (José Antonio López Cerezo)
21	2.1. ¿QUÉ ES CTS?
24	2.2. EDUCACIÓN CTS
25	2.3. CTS COMO AÑADIDO CURRICULAR
26	2.4. CTS COMO AÑADIDO DE MATERIAS
27	2.5. CIENCIA Y TECNOLOGÍA A TRAVÉS DE CTS
29	2.6. LA METODOLOGÍA DE LA EDUCACIÓN CTS
29	2.7. SILOGISMO CTS: DOS TRADICIONES COMPLEMENTARIAS
30	2.8. REFLEXIÓN FINAL
32	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
35	3. CAMBIANDO LA PRÁCTICA DOCENTE EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS A TRAVÉS DE CTS (José Antonio Acevedo Díaz)
35	3.1. ¿QUÉ ES CTS EN EL ÁMBITO EDUCATIVO?
36	3.2. ¿POR QUÉ CTS EN LA EDUCACIÓN?
36	3.3. EL PAPEL DEL PROFESOR EN LA EDUCACIÓN CTS
37	3.4. ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN LA EDUCACIÓN CTS
39	3.5. RECAPITULACIÓN
39	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

41	4. EDUCACIÓN Y TECNOLOGÍAS TELEMÁTICAS (Javier Echeverría)
41	4.1. INTRODUCCIÓN
42	4.2. LA HIPÓTESIS DE LOS TRES ENTORNOS
44	4.3. EDUCACIÓN EN EL TERCER ENTORNO Y PARA EL TERCER ENTORNO
46	4.4. ESCENARIOS EDUCATIVOS EN EL TERCER ENTORNO
47	4.4.1. Escenarios para el estudio
47	4.4.2. Escenarios para la docencia
48	4.4.3. Escenarios para la interrelación
48	4.4.4. Escenarios para el juego y el entretenimiento
49	4.5. ALGUNAS ACCIONES EDUCATIVAS EN EL TERCER ENTORNO
50	4.6. PROBLEMAS DEL DERECHO A LA EDUCACIÓN EN E3
52	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
55	5. LA PARTICIPACIÓN PÚBLICA EN SISTEMAS TECNOLÓGICOS: LECCIONES PARA LA EDUCACIÓN CTS (Carlos Osorio)
56	5.1. EL CONCEPTO DE SISTEMA TECNOLÓGICO
56	5.1.1. El sistema tecnológico como un sistema de acciones
58	5.1.2. El sistema tecnológico alcanza “Momentum”
58	5.1.3. El socioecosistema tecnológico
59	5.2. LA PARTICIPACIÓN PÚBLICA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
61	5.3. LAS DIDÁCTICAS SOBRE PARTICIPACIÓN PÚBLICA
61	5.3.1. Los Grupos de discusión
62	5.3.2. La mediación
63	5.3.3. El caso simulado
64	5.3.4. El ciclo de responsabilidad
64	5.4. A MANERA DE CIERRE
65	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
67	6. CULTURA CIENTÍFICA Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA: MATERIALES PARA LA EDUCACIÓN CTS (Mariano Martín Gordillo)
77	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
79	SOBRE LOS AUTORES

A modo de presentación: Algunos interrogantes sobre la educación científica

Mariano Martín Gordillo

Vamos a imaginar que somos profesores de ciencias. Mejor aún, que somos jóvenes profesores de ciencias que nos enfrentamos a una profesión que tiene para nosotros mucho más futuro que pasado. Lógicamente, nos supondremos también como personas con inquietudes profesionales, de esas que se hacen preguntas sobre el qué, el para qué y el cómo de su trabajo. Supongamos que alguien nos hace llegar un cuestionario con diez preguntas sobre diferentes aspectos de nuestra profesión. Un cuestionario como el siguiente.

1. ¿Es útil la educación científica?
2. ¿Es conveniente enseñar la ciencia en contexto social?
3. ¿Es conveniente mostrar los aspectos valorativos (éticos, económicos, políticos) al enseñar ciencias?
4. ¿Pueden resultar motivadores los contenidos científicos para su enseñanza?
5. ¿Qué debemos enseñar de la ciencia, los resultados o los procesos que los han hecho posibles?
6. ¿Debemos reducir la ciencia y su enseñanza a una serie de conceptos?
7. ¿Es posible enseñar ciencias planteando trabajos cooperativos en los que participen los alumnos?
8. ¿Es la forma en que aprendimos la ciencia el mejor modo de enseñarla?
9. ¿Son adecuados los programas y los libros escolares de las materias científicas?
10. ¿Podemos decidir muchas cosas cuando enseñamos ciencias?

Con las ganas propias de los jóvenes profesores intentaremos ir respondiendo a cada una de esas preguntas. A la primera respondemos, obviamente, que sí. La educación científica nos parece muy útil. De otro modo estaríamos diciendo que nos dedicamos a una cosa inútil y eso es algo que nadie quiere. Pero, ¿por qué y para qué es útil la educación científica? Lo que nosotros enseñamos es útil porque está ahí, porque forma parte de la realidad en que vivimos y porque la alfabetización tecnocientífica es imprescindible para comprender y enfrentar adecuadamente los retos que esperan a los seres humanos del siglo XXI. La educación científica es útil, por tanto, para la formación general de los ciudadanos porque éstos viven en un mundo en gran medida construido por la ciencia y la tecnología y, por tanto, han de participar en numerosas decisiones relacionadas con el manejo y el control de ese mundo, tanto en el papel de los expertos que lo desarrollan como en el de los profanos que lo disfrutan o sufren.

Por eso la respuesta a la segunda pregunta nos parece también evidente. Claro que sí, ciencia y sociedad no pueden permanecer como aspectos distanciados en la educación científica. La in-

fluencia de lo social en el propio desarrollo de la ciencia o los efectos sobre la sociedad y el medioambiente que comporta la actividad tecnocientífica son asuntos que no deben faltar en una adecuada enseñanza de las ciencias. Pero aquí empezamos a sentir que deseos y realidades quizá se distancien un poco. Porque no es lo mismo la teoría que la práctica real en la enseñanza de las ciencias. Está claro que siempre pretendemos ilustrar con referencias reales lo que enseñamos de nuestras disciplinas, pero al decir esto nos damos cuenta de que si aludimos a lo real como ilustración o aplicación de los contenidos que consideramos centrales estamos reconociendo que, por lo general, están distanciados de esa realidad social para la que hemos dicho que la ciencia es esencial. Parece que debemos justificar la relevancia social de las mitocondrias, de los iones o de la aceleración angular porque, de suyo, tales conceptos podrían enseñarse y aprenderse como completamente separados de sus posibles repercusiones para la vida diaria.

En la tercera cuestión nos vemos enfrentados de nuevo con lo políticamente correcto. Hoy en día muchos docentes de ciencias han oído hablar del enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) y es difícil negar la razón que este movimiento tiene al conceder gran importancia a los aspectos valorativos y controvertidos del propio desarrollo de la ciencia. Los dilemas éticos, los límites en la investigación o el compromiso social de la actividad científica son asuntos sobre los que no cabe negar su relevancia. Pero ¿evaluamos estas cuestiones como parte de los aprendizajes científicos de nuestros alumnos? ¿Cuánto tiempo dedicamos en nuestras clases de ciencias a los debates en torno a ellas? Vemos nuevamente que no siempre lo que hacemos cotidianamente al enseñar ciencias concuerda con lo que decimos que es muy importante en ellas.

Ante la cuarta cuestión nuestra respuesta es indudable: sí. Las ciencias tienen contenidos muy motivadores para su enseñanza. A qué niño no le ha fascinado la ciencia y la tecnología. Sea el traje de astronauta, sea la bota del naturalista, sea la bata del investigador, seguramente alguno de esos atuendos ha poblado nuestras propias fantasías infantiles y hasta es posible que haya sido el origen de nuestra vocación hacia los estudios de ciencias. La ciencia es apasionante. De hecho la vida de los científicos suele ser la de unos seres apasionados por su trabajo. Descubrir cómo funciona la realidad es una empresa tan fascinante como explorar nuevos territorios. Sin embargo, aquí también nos asaltan las dudas. Si para unos el aprendizaje de la ciencia es un verdadero camino iniciático que les deparará una vida feliz, ¿por qué para otros resulta un tortuoso recorrido que sólo quieren abandonar cuanto antes? ¿Será la ciencia algo necesariamente minoritario? Repasando las respuestas que dimos a las preguntas anteriores deberíamos decir que no, que en la educación debe haber ciencia para todos. Pero viendo las caras de algunos alumnos ante la síntesis de proteínas, los polímeros o la energía cinética no está claro que podamos negarlo con rotundidad.

Con estas dudas afrontamos la quinta cuestión en la que tenemos claro lo que debemos decir: en la enseñanza de las ciencias lo que debe ser enseñado son más los procesos que los resultados. Nuestros alumnos deberían ser algo así como jóvenes investigadores inexpertos que van replicando en su proceso de aprendizaje el propio proceso de construcción, siempre provisional, en que consiste la elaboración de los conceptos y las teorías científicas. Bien es cierto que es más fácil afirmar estos principios que llevarlos a la práctica. La mecánica clásica no resulta muy intuitiva como proceso intelectual o empírico al alcance de un adolescente con el que pretendiéramos replicar su construcción histórica. De hecho, probablemente sería más fácil convencerle de la validez de los planteamientos aristotélicos que de los newtonianos. Y no digamos nada si de lo que se trata es de reconstruir los procesos de investigación que llevaron a la mecánica cuán-

tica. Lo mismo cabría decir con otros ejemplos procedentes de la química, de la biología o de otras ciencias. Además, teniendo en cuenta que las teorías científicas una vez construidas pueden ser enseñadas como sistemas conceptuales bastante coherentes, es posible que nuestra decidida apuesta por enseñar a investigar en ciencia se quede sólo en un deseo pedagógico un tanto utópico.

Sobre la sexta cuestión parece evidente que la respuesta ha de ser negativa. Por poca información que se tenga sobre la literatura pedagógica relacionada con los contenidos escolares, todo docente ha oído hablar de conceptos, procedimientos y actitudes (eso sí, casi siempre en ese orden). Es, por tanto, difícil defender que lo que se debe enseñar es sólo lo que se puede saber. Lo que se puede saber hacer y lo que se puede valorar y desear son también contenidos que deben ser enseñados y aprendidos. Nadie niega que, al menos en teoría, las actitudes y los procedimientos son tan importantes como los conceptos. Esto es fácil defenderlo antes de entrar en el aula o tras haber salido de ella, pero la verdad es que las pizarras, los cuadernos, los libros escolares, incluso muchas de las nuevas tecnologías educativas (por no hablar de los propios hábitos de docentes, discentes y familias) parecen estar hechos para transmitir contenidos conceptuales y no para desarrollar las capacidades relacionadas con el saber hacer y el saber querer. Sigue creciendo la distancia entre los deseos y las realidades, entre lo que decimos y lo que hacemos conforme avanzamos en este cuestionario que casi nos obliga a responder cosas que sabemos que no siempre acaban de ser ciertas.

A la séptima cuestión casi estamos tentados por responder con otro interrogante: ¿será posible? Bueno, lo que sí parece cierto es que resultaría al menos deseable, con lo que nuevamente diremos lo que seguramente espera quien ha escrito esas preguntas. Claro que sí. La cooperación, el trabajo en equipo y la participación son las formas en que se desarrolla realmente la ciencia, así que no tiene mucho sentido que su enseñanza se separe de su propia naturaleza como práctica social. Los científicos trabajan en equipo en torno a proyectos de investigación, así que lo lógico sería que en el aula las cosas fueran parecidas. Los científicos cooperan (aunque a veces también compiten), por tanto, no parece que sea inoportuno propiciar en las aulas de ciencias actividades cooperativas (y hasta competitivas). Evidentemente, los científicos quieren participar y que todo el mundo conozca sus trabajos y aportaciones a través de publicaciones, congresos y diversas formas de difusión de la cultura científica, así que el aula de ciencias también debería ser un lugar en el que la voz y las aportaciones de los alumnos no fueran menos frecuentes que las del profesor. Si la ciencia real ha de entrar en el aula (o el aula real quiere parecerse a la ciencia) parece necesario que los ambientes participativos y cooperativos sean habituales en ella. Pero ¿cómo es realmente la cotidianidad del aula? ¿los trabajos en equipo son la norma o la excepción en las clases de ciencias? ¿La participación en proyectos es frecuente o extraordinaria en ellas? ¿Incluyen normalmente nuestras calificaciones valoraciones sobre la participación y el trabajo en equipo? ¿Evaluamos conjuntamente por equipos el trabajo de nuestros alumnos como les sucede a los proyectos de los científicos reales? En fin, mucho acuerdo de principios, pero también quizá muchas dudas en la práctica.

Menos mal. El rotundo no que podemos dar como respuesta a la octava cuestión empieza a disculparnos de ciertas sensaciones incómodas que probablemente venimos arrastrando en las respuestas anteriores. Seguramente consideramos que las ciencias se deben enseñar de un modo bien distinto a como nosotros mismos las aprendimos. Quizá la distancia que se atisbaba en las anteriores reflexiones entre lo que querríamos o deberíamos hacer y lo que realmente hacemos pue-

da explicarse de un modo que nosotros mismos quedemos más o menos justificados. No estamos locos, sabemos lo que queremos. Pero sería una locura intentar hacerlo de repente y sin red. Porque realmente nuestra red está tejida por los hábitos que hemos ido aprendiendo como los alumnos que también fuimos. Desde la escuela primaria hasta la universidad, seguramente la realidad de nuestra formación científica ha estado bien distante de esos deseos que se formulaban en las respuestas a las anteriores preguntas. Muy probablemente se nos habrá enseñado una ciencia socialmente descontextualizada y exenta de valores. Mediante rutinas poco motivadoras seguramente hemos aprendido muchos conceptos y teorías ya terminados en cuya construcción no habremos participado activamente ni trabajado en equipos con los demás para buscar nuevas soluciones a cada problema. Sin duda, eso nos justifica, ya que probablemente no tendremos en nuestro pasado como alumnos buenos ejemplos de los que echar mano para saber hacer lo que nos gustaría como docentes. De todas formas, nuestra propia trayectoria escolar ya nos permite tener algunas certezas importantes: al menos sabemos lo que no deberíamos hacer.

Ya casi vamos concluyendo este catártico cuestionario y en la novena cuestión encontramos otra buena justificación del divorcio entre teorías y prácticas que hemos constatado en muchas de las cuestiones anteriores. Evidentemente, muchos programas y libros de texto no nos ayudan a hacer mejores nuestras prácticas de enseñanza de las ciencias. Empezando por los últimos, es evidente que las innovaciones en ellos son muchas veces más aparentes que reales. Aunque las ilustraciones han mejorado y están llenos de actividades, en el fondo los materiales escolares de hoy suelen contener lo mismo que los tradicionales. Mejor dicho, lo que contienen es más de lo mismo, ya que cada reforma curricular genera en los materiales educativos una sedimentación similar a la de las capas geológicas. Así, en esos materiales podemos advertir los diferentes estratos de las modas educativas de cada momento. Sin duda, habrá actividades de autoevaluación para que el alumno vaya construyendo su propio proceso de aprendizaje. Seguramente en el índice de cada unidad encontraremos referencia a los procedimientos y las actitudes que (también) se pretende desarrollar con ella. Incluso es posible que encontremos vistosas viñetas o apartados periféricos con anécdotas y curiosidades que relacionan los contenidos centrales del tema con aspectos de importancia social. Eso sí, en el centro de todo seguirán los conceptos. Muchos conceptos, porque la ciencia avanza una barbaridad y en la comparación entre los libros de texto de ciencias de dos generaciones no sólo pueden advertirse diferentes estratos pedagógicos, sino también la acumulación de nuevos conocimientos científicos que no sustituyen a los viejos sino que se añaden a ellos. Pero si no queremos seguir el libro de texto y pretendemos enseñar de otro modo también nos encontramos con el programa, el currículo prescrito, ese lugar en el que otros han decidido lo que nuestros alumnos deben aprender y nosotros debemos enseñar. Quienes escriben esas prescripciones no suelen tener muchos problemas con el tiempo, así que, como el papel lo soporta todo, prescriben objetivos, contenidos y criterios de evaluación en abundancia, quizá siguiendo el lema: “prescribe, que algo queda”. Y ahí quedamos nosotros, atezados entre nuestros deseos y nuestras limitaciones, entre la conciencia de lo que deberíamos hacer y el deber de cumplir con lo que se nos pide. Sin duda hemos llegado a la mejor excusa para aceptar la imposibilidad de transitar del deber ser al ser: debemos cumplir el programa prescrito. Su enormidad, la falta de tiempo para abordarlo, la poca flexibilidad con que fue pensado pueden ser nuestra tabla de salvación, eso a lo que nos aferramos para no pensar mucho en estas cosas y seguir a flote. Pero también las prescripciones de los programas son la coartada que nos permite no enfrentarnos al hecho de que nos mantenemos a flote entre los restos de un naufragio: el que tuvo lugar cuando renunciamos a hacer lo que sentíamos que queríamos y debíamos hacer como profesores.

Tras esas nueve preguntas sólo nos queda responder a la décima que es la más fácil y la más difícil a la vez. Para los náufragos de la anterior pregunta la respuesta es clara: no hay nada que hacer, no tenemos nada que decidir salvo intentar seguir a flote cumpliendo el programa con la ayuda de los libros de texto. Muchos docentes están así, intentando mantenerse a flote contra viento y marea, frente a los distintos vientos reformistas que apenas les mueven de sus trayectorias y frente a las mareas de las distintas generaciones de alumnos que cada vez hacen más difícil eso de flotar en las instituciones escolares. Pero otro mundo es posible. Es posible intentar desasirse de la rutina de los libros escolares y de la literalidad de los programas oficiales. Y conviene hacerlo porque, lejos de mantenernos a flote, esas rutinas y esas literalidades nos lastran. En lugar de permitirnos navegar nos obligan a permanecer anclados a la tradición.

Para esos jóvenes profesores que se atreven a dar nuevas brazadas está dirigido este libro. En él se contienen distintas aportaciones que sintonizan en el sentido del deber ser de lo que sugieren las preguntas anteriores, pero también en la voluntad de hacer reales esos deseos. Varios de los trabajos que se presentan pueden adscribirse al enfoque CTS y, de hecho, en gran medida sirven para presentarlo a docentes que, quizá, no hayan tenido un estrecho contacto con dicho movimiento. Otros se centran en aspectos que van más allá de la enseñanza de las ciencias para abordar temáticas afines como son la educación tecnológica o las implicaciones que el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación puede tener en el ámbito educativo. Además de reflexiones de carácter más teórico hay también propuestas prácticas que facilitarán al docente ideas para el desarrollo de su trabajo en sintonía con las respuestas más deseables a las diez preguntas del comienzo.

Se reúnen aquí seis artículos editados por la Organización de Estados Iberoamericanos en diferentes publicaciones anteriores. Por autoría y por intención tienen también en común su contextualización en el ámbito iberoamericano.

Juan Carlos Tedesco sostiene en su trabajo que la enseñanza de las ciencias debe estar en el centro de las estrategias para mejorar la calidad de la educación. A su juicio hoy no existe separación entre formación científica y formación ciudadana. Además de presentar la situación y las discusiones fundamentales acerca del lugar y el tipo de enseñanza de ciencias que es necesario impulsar, presenta algunos principios estratégicos para el diseño de políticas en este campo que pueden tener particular relevancia para los países de América Latina.

En su artículo, José Antonio López Cerezo presenta una aproximación a los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, o estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad, como campo de trabajo internacional, comentando sus antecedentes, justificación y principales orientaciones, en particular en el ámbito de la educación.

Por su parte, José Antonio Acevedo Díaz sostiene que la orientación CTS facilita las innovaciones en los currículos de ciencia y tecnología en todos los niveles de enseñanza. En su trabajo aporta ideas para modificar la práctica docente desde dos puntos de vista complementarios: el papel del profesor y las estrategias de enseñanza-aprendizaje.

El artículo de Javier Echeverría suscita interesantes reflexiones sobre el papel de la educación en el tercer entorno generado por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. A su juicio, el acceso universal a esos nuevos escenarios y la capacitación para utilizar competente-

mente las nuevas tecnologías se convierten en dos nuevas exigencias emanadas del derecho a que cualquier ser humano reciba una educación adecuada al mundo en el que vive.

Carlos Osorio registra en su trabajo algunos resultados de un proyecto de investigación orientado a promover la participación en los sistemas tecnológicos mediante un conjunto de didácticas experimentadas en el contexto colombiano. Tales didácticas pretenden favorecer la participación pública en cuestiones relacionadas con los sistemas de agua potable, salud y agricultura.

En el último trabajo se defiende la necesidad de contar con materiales didácticos orientados al aprendizaje en el aula de la participación en decisiones sobre ciencia y tecnología. Brevemente se presentan en ese artículo diez simulaciones de controversias públicas sobre cuestiones tecnocientíficas que han sido experimentadas en aulas iberoamericanas en los últimos años.

Todos estos artículos vienen a coincidir en la idea de que es posible decidir y es posible cambiar en la enseñanza de las ciencias. Al menos tanto como en las demás enseñanzas. La actividad educativa no es algo natural, aunque muchas veces parezca tener los perfiles de lo naturalizado. Ante nuestros alumnos los sujetos de las decisiones curriculares somos principalmente los docentes. No es a las normas, ni a la administración educativa, ni a la pedagogía a quienes podemos responsabilizar de lo que hacemos en nuestras aulas. Ante nuestros alumnos y en el futuro en su memoria seremos sólo nosotros, los docentes de carne y hueso, quienes hacemos y deshacemos el currículo, lo que ellos aprenden u olvidan, lo que ellos valoran o desprecian, lo que ellos disfrutan o sufren. Dentro del aula somos nosotros los verdaderos y únicos intermediarios entre la ciencia y lo que nuestros alumnos pueden aprender de ella. Por eso tenemos que aprender a decidir. Incluso también enseñarles a decidir.

1. Prioridad a la enseñanza de las ciencias: una decisión política¹

Juan Carlos Tedesco

1.1. Educación científica y reflexividad

El análisis anterior indica que una política educativa que enfrente los desafíos de la formación ciudadana en el contexto de la sociedad moderna debe poner a la formación científica en un lugar prioritario. Pero ese mismo análisis nos muestra la necesidad de un enfoque integral, que abarque tanto la educación formal como la no-formal y tanto la formación del conjunto de la población como la de los propios científicos y técnicos.

La incorporación de la enseñanza de las ciencias a las preocupaciones de la política educativa no es una novedad. Existe una larga tradición en este campo y una mirada —aunque sea somera— a esa tradición nos abre una serie de pistas importantes para la reflexión y la acción futura.

Así, por ejemplo, los estudios históricos acerca de la incorporación de las matemáticas y las ciencias en los currículos oficiales muestran que la pregunta acerca del impacto de este tipo de formación en el desempeño ciudadano fue formulada desde los orígenes de la modernidad (Kamens y Benavot, 1992). De acuerdo a dichos estudios, las matemáticas se incorporaron mucho más temprano y menos conflictivamente que las ciencias al currículo formal de las escuelas y que su incorporación a la enseñanza secundaria fue mucho menos conflictiva que a la escuela primaria obligatoria. En este sentido, es preciso reconocer que la enseñanza de las ciencias siempre fue percibida como más conflictiva que otras disciplinas. En el siglo XIX se advierten al menos dos grandes objeciones a la enseñanza de las ciencias en el nivel obligatorio. En primer lugar, la ciencia era percibida como un saber “aplicado”. A diferencia del griego y del latín, se consideraba que la ciencia no fortalecía la capacidad de razonar de los alumnos ni contribuía a su desarrollo moral. En segundo lugar, la ciencia estaba asociada a cierta hostilidad hacia la religión y era percibida como un elemento que erosionaba las creencias religiosas, el sentido de autoridad y contribuía a la subversión del orden social.

La oposición a la enseñanza de las ciencias comienza a debilitarse hacia fines del siglo XIX, momento en el cual se genera un consenso internacional acerca del valor de estas disciplinas. La hipótesis que surge del análisis histórico sostiene que las reformas educativas destinadas a expandir la educación y a modernizar sus contenidos estuvieron asociadas a períodos de crisis económica o de derrotas militares. Los casos de Bélgica, Inglaterra, Francia, Alemania, así como

1. Versión abreviada del trabajo publicado originalmente con el mismo título en la colección Cuadernos Iberoamericanos, OEI, Madrid, 2006.

Japón y China, muestran que fue después de alguna crisis importante que se decidió impulsar la educación y reformar sus contenidos. Los países comenzaron a comparar sus rendimientos en el plano económico y militar y tomaron conciencia de sus déficits asociados al desarrollo educativo y científico.

El resultado de este proceso histórico es que, en la actualidad, tanto las ciencias como las matemáticas están sólidamente incorporadas a los planes de estudio de la enseñanza primaria y secundaria de la mayor parte de los países. El problema radica en que, contrariamente al discurso oficial, esta incorporación no está asociada a la universalización de la formación científica y de la capacidad para utilizar el método de razonamiento científico para la comprensión de los fenómenos que cotidianamente afectan la vida de la población.

Un estudio internacional llevado a cabo por UNESCO en 1986 para determinar la situación en la cual se encontraba la enseñanza de las ciencias, las matemáticas y la tecnología revelaba hechos interesantes (Bowyer, 1990). Con respecto a las ciencias, se apreciaba que estaba sólidamente instalada en los currículos de enseñanza secundaria, pero que en muy pocos casos aparecía en la enseñanza básica. Este fenómeno es muy importante porque en la formación de un ciudadano moderno, la comprensión científica es indispensable y por eso debe ser incorporada al currículum de la enseñanza obligatoria, único nivel al cual tienen acceso los sectores más desfavorecidos de la sociedad. Con respecto a las matemáticas, su enseñanza está presente en forma universal. Sin embargo, existe una gran insatisfacción con los resultados, ya que se advierten serios déficits para aplicar los conocimientos formales a situaciones reales. Con respecto a la tecnología, la situación es aun peor. Su enseñanza está prácticamente ausente y existen serios prejuicios acerca de la necesidad de incorporarla a la enseñanza básica porque se confunde enseñanza de la tecnología con enseñanza técnica.

Los estudios sobre la incorporación de la enseñanza de las ciencias a los contenidos curriculares formales indican que se produjo una suerte de “vaciamiento” de sus potencialidades transformadoras. Si bien el discurso que justificaba su introducción al currículum formal estuvo basado en la necesidad de fortalecer la racionalidad y el enfoque experimental, como opuesto al dogma y al prejuicio, “...las ciencias enseñadas han acabado por convertirse en un nuevo corpus teórico tan del gusto platónico. Lo abstracto de la matemática enseñada no ha sido menos accesible que la axiomática de la física que se enseña en las aulas. Incluso las modernas ciencias de la naturaleza han encontrado sus lugares de abstracción escolar en la bioquímica o en la descripción de los procesos celulares. El reino de lo indiscutible, de lo aislado de lo social, es la ciencia en las aulas, bien lejana por cierto de la ciencia viva en la realidad social” (Martín Gordillo y González Galbarte, 2002:23).

En el estudio antes citado se alude a una serie de visiones deformadas de la actividad científica en las cuales se apoya la enseñanza de las ciencias. Según esas visiones deformadas, la ciencia es empirista y a-teórica, se difunde una visión rígida del método científico, el manejo del conocimiento se basa en un enfoque exclusivamente analítico, acumulativo y lineal, la producción de conocimientos es individualista, elitista, descontextualizada y socialmente neutra. Además, agregan los autores, “...La actitud conformista de buena parte del gremio de profesores de ciencias, que las reproducen a-críticamente, hacen de tales tópicos el fundamento de la cristalización inercial de los contenidos científicos enseñados hacia las funciones segregadoras, reproductivas y selectivas del sistema escolar” (Martín Gordillo y González Galbarte, Op.cit.:23).

Esta caracterización de la enseñanza de las ciencias en la actualidad se acompaña por otras consecuencias no menos graves: la disminución de la vocación científica entre los estudiantes y tendencia a la concentración de la actividad científica en pocos países. Según un reciente informe de UNESCO estaríamos ante una situación paradójica ya que, mientras por un lado se toma conciencia del advenimiento de sociedades basadas en el uso intensivo de informaciones y conocimientos, por el otro se registra una significativa disminución —aun en los países industrializados— del número de estudiantes de ciencias y de personas que se dediquen a la investigación científica. La crisis actual de la enseñanza de ciencias tendrá consecuencias importantes no sólo porque no se podrá satisfacer la demanda de personal científico y técnico sino porque no se podrá satisfacer las exigencias crecientes de sociedad orientadas hacia la innovación y la justicia social (UNESCO, 2005).

Los datos estadísticos indican que en varios países europeos los estudiantes de ciencias están disminuyendo. En Alemania el número de estudiantes de física se redujo a un tercio entre 1990-1995. En Escocia disminuyó el número de universidades que enseñan geología de 5 a 1. En Francia cae sistemáticamente el número de inscriptos a carreras científicas en la universidad.

Las explicaciones de este fenómeno aluden a causas muy diversas. Por un lado, la enseñanza de ciencias en la escuela primaria y secundaria no estimula a seguir estudiando. Las ciencias aparecen como difíciles y poco ligadas a los problemas reales. Por otro lado, la imagen de la ciencia también ha cambiado y hoy no está asociada linealmente a bienestar y progreso sino que también aparecen los desastres que provoca o puede provocar una ciencia desligada de los intereses generales. Hay pocas garantías de empleo para los jóvenes investigadores. El número de ellos será claramente insuficiente en los países en desarrollo ya que una buena parte de ellos, los mejores, migrará hacia el norte.

Desde hace ya varios años las declaraciones de los responsables políticos incluyen siempre una referencia a la educación y a la necesidad de impulsar acciones que permitan adecuar la oferta educativa a los requerimientos de la sociedad de la información y el conocimiento. El Encuentro Presidencial del Consejo Europeo realizado en Lisboa en el año 2000, y las Declaraciones de las Cumbres Iberoamericanas de Jefes de Estado y de Gobierno que se llevan a cabo regularmente son ejemplos de esta conciencia creciente acerca del carácter estratégicamente crucial que tiene la educación en la actualidad

1.2. ¿Cómo enfrentar la crisis?

La crisis descrita en los párrafos anteriores afecta, de una u otra manera, a casi todos los países, independientemente de su condición y nivel desarrollo. Las reacciones frente a la crisis, sin embargo, no son las mismas. Una rápida mirada a la situación internacional permite advertir una primera gran diferencia: la que divide a los países que son conscientes de este problema y comienzan a desarrollar estrategias y políticas activas para resolverlo y los países que aun no asumen la gravedad de la situación por la que atraviesan e ignoran, subestiman o postergan el momento de poner esta cuestión entre su prioridades de acción educativa.

Un dato interesante de estas reacciones es que no necesariamente provienen de las autoridades educativas o de los profesores de ciencias. En muchos casos son los propios científicos los que

reaccionan y, en otros, se trata de iniciativas que proviene del ámbito de la educación no-formal o iniciativas de empresarios que actúan en el área de las ciencias.

Así, por ejemplo, “Ciencia, Tecnología y Sociedad” (CTS) es el nombre de una línea de trabajo académico e investigativo, cuyo objetivo es 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). Los orígenes de este movimiento están en los años ’60 aunque ya desde antes se venía gestando un pensamiento de este tipo, cuando muchos físicos cuestionaron el uso que se hacía de sus conocimientos para la preparación de armas, como fue el caso de la energía nuclear y la bomba atómica. Los científicos buscaron en otras ciencias como la Biología, un conocimiento que contribuyera al desarrollo humano y no a su destrucción. Hoy, el debate está instalado en torno al desarrollo de la Biología y los usos con fines socialmente discutibles del descubrimiento del genoma humano (Osorio, 2002). Otro ejemplo interesante es el movimiento “La main à la pâte” (La mano en la masa), impulsado por el premio Nobel de Física francés Georges Charpak e inspirado en las ideas y actividades de otro premio Nobel de Física americano, Leon Lederman.

En el mismo sentido, es importante mencionar las iniciativas nacidas y desarrolladas por los museos interactivos. Una de las experiencias más importantes en este campo es la del Exploratum, museo interactivo de la ciudad de San Francisco, en los EEUU. Las investigaciones y experiencias llevadas a cabo en este museo han permitido el desarrollo teórico de nuevos métodos y modalidades de enseñanza de las ciencias que pueden ser incorporadas a la educación formal. El director del Exploratum, Goery Delacote, ha sistematizado y difundido estas experiencias a través de trabajos de gran importancia para los educadores (1997).

En el ámbito de América Latina también existen experiencias valiosas de museos interactivos y otras para ser desarrolladas en el aula, que merecen ser conocidas y desarrolladas. El caso de Maloka, en la ciudad de Bogotá (Colombia) o el programa Abremate, desarrollado por la Universidad Nacional de Lanús, en Argentina, son sólo dos ejemplos entre muchos otros que pueden ser mencionados como ilustración de la tendencia en museos interactivos.

En el caso de las propuestas para el aula, vale mencionar el programa “Ciência e Tecnologia com Criatividade” (CTC), surgido en el ámbito de la iniciativa privada en Brasil. Este programa desarrollado por la Sangari representa una alternativa metodológica para la enseñanza de las ciencias en las escuelas de enseñanza básica. El programa se propone apoyar a los docentes y crear un contexto formativo para garantizar transformaciones en las prácticas educativas con el fin de lograr que la escuela promueva la inclusión científica.

Las referencias a experiencias innovadoras podrían ampliarse, pero estas pocas menciones ilustran la hipótesis según la cual no se trata de cualquier enseñanza de ciencias la que puede dar respuesta a los desafíos que exige la formación de una ciudadanía reflexiva. La renovación de las metodologías de enseñanza de las ciencias está hoy a la orden del día y su objetivo se orienta a promover una educación que permita comprender la complejidad. En términos de Edgar Morin, se supone que las personas capaces de comprender la complejidad actúan de manera más responsable y consciente que aquellas que tienden a fragmentar la realidad (Morin, 1999).

Según Morin, la inteligencia que fracciona los problemas, que unidimensionaliza lo multidimensional, atrofia las posibilidades de comprensión y de reflexión, y elimina también las posibilidades de un juicio correctivo o de una visión de largo plazo. El debilitamiento de la percepción global erosiona el sentido de responsabilidad y de solidaridad, ya que cada uno se hace responsable sólo de la pequeña fracción sobre la que actúa, sin conciencia de los vínculos orgánicos con la ciudad y con sus ciudadanos. Desde este punto de vista, el saber especializado priva al ciudadano del derecho al conocimiento. La competencia técnica está reservada a los expertos, que se ocupan de saberes especializados pero despojan al ciudadano de un punto de vista global. Cuanto más se tecnifica la política, menos democrática.

A partir de estas consideraciones generales, es posible identificar al menos cinco grandes líneas prioritarias de acción para impulsar un vasto movimiento a favor de la renovación de la enseñanza de las ciencias:

- a) prioridad a la enseñanza básica obligatoria,
- b) prioridad a la formación de maestros y profesores,
- c) impulso a las actividades de divulgación científica,
- d) promover innovaciones,
- e) fortalecer la cooperación internacional.

En lo que sigue trataremos brevemente de analizar las características de cada una de estas líneas de acción.

1.2.1. Prioridad a la enseñanza básica

El argumento fundamental para justificar la prioridad a la enseñanza básica es de tipo socio-político. El manejo de los saberes científicos básicos es un componente imprescindible en la formación de un ciudadano de la sociedad de la información. Esta es la razón por la cual la formación científica debe estar incorporada al contenido de la enseñanza universal y obligatoria. Desde el punto de vista formal es probable que este objetivo ya haya sido alcanzado en muchos países. Sin embargo, los resultados reales están lejos de garantizar la meta postulada por los discursos y los documentos oficiales. Es necesario, en consecuencia, prestar mucha más atención a las prácticas pedagógicas y a los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Esta preocupación aparece en reiteradas ocasiones (Werthein y Cunha, 2005). La necesidad de pensar en el aprendizaje efectivo de estos contenidos, más allá de su incorporación formal como contenido curricular es central en estos autores. En palabras de Alaor Chaves (2005) “La enseñanza de las ciencias en Brasil necesita ser mejorada y ampliada en todos los niveles, ante todo, dado que solo a partir de una buena enseñanza de las ciencias es posible atraer un buen número de personas talentosas para las carreras científicas. El celebre matemático Henry Poincaré sostenía que “Un hombre nace matemático, y no se transforma en matemático mas tarde”. Eso es cierto, sin embargo, el matemático que nace con el niño, morirá precozmente si no es cultivado” (p. 57)

En este sentido, quisiéramos señalar la importancia que tiene la definición y aplicación de estrategias políticas que otorguen un alto prestigio social al trabajo en la enseñanza básica. Nuestros sistemas educativos funcionan con una lógica inversa a la que requiere la sociedad actual. Mien-

tras actualmente es necesaria una sólida formación básica, que brinde los fundamentos que permitan aprender a lo largo de la vida, nuestros sistemas funcionan sobre la hipótesis según la cual cuanto menos básico, más prestigioso. Así, el postgrado es más prestigioso que el grado, la secundaria más prestigiosa que la primaria y el lugar menos prestigioso de todo el sistema suele ser el primer grado de la escuela básica, donde se realiza el aprendizaje socialmente más importante: el de la lectura y la escritura.

Un cambio de este tipo implica una profunda modificación cultural. Algunos acontecimientos indican que la conciencia sobre la necesidad de este cambio cultural está alcanzando niveles significativamente altos. Un ejemplo importante es el de varios premios Nobel en disciplinas científicas que han comenzado a involucrarse en proyectos destinados a mejorar la enseñanza de ciencias en el nivel primario o secundario. Este fenómeno resulta relativamente similar al que se produjo en los orígenes de la educación universal y obligatoria, cuando los intelectuales más prestigiosos se dedicaban a escribir libros de lectura para la escuela primaria. Hoy es preciso que haya fuertes incentivos para que la formación básica sea atractiva desde el punto de vista del prestigio y el desempeño profesional de los educadores, y para que los intelectuales de más alto nivel se involucren en procesos de formación universal.

No caben dudas que la educación básica enfrenta hoy un desafío de gran complejidad. Enseñar a razonar científicamente, promover la curiosidad y la pasión por el conocimiento en forma masiva, universal y en contextos de carencias materiales, es una tarea que exige altos niveles de profesionalismo y de compromiso social. El gran objetivo de esta tarea consiste en superar la representación social que existe acerca de las ciencias como un saber de muy difícil acceso, patrimonio de unos pocos. Al respecto, es útil evocar la analogía que existe entre la enseñanza de las ciencias y la enseñanza artística. “Con la educación artística no se pretende que todos sean músicos, pintores o escritores sino que sean capaces de disfrutar del arte. En el mismo sentido, la educación científica y tecnológica de la ciudadanía no debe pretender que todos los ciudadanos sean capaces de construir un puente, pero sí de permitir que todos puedan participar en las decisiones sobre si debe construirse en un determinado lugar y sobre las funciones que debe cumplir” (Martín Gordillo y González Galbarte, 2002:43).

En este sentido, las modalidades pedagógicas utilizadas en la enseñanza de las ciencias deben permitir alcanzar el objetivo inicial con el cual estas disciplinas fueron incorporadas al currículo: promover la capacidad de razonar lógicamente, de comprender la complejidad, de resolver problemas cotidianos, de controlar socialmente a los “expertos” para que las prácticas científicas promuevan el desarrollo social y el bien común.

1.2.2. Papel de los docentes. El rol de la Universidad en la formación docente

Las evaluaciones de las reformas educativas más recientes, implementadas a partir de la década de los años noventa, coinciden en señalar que su máximo déficit es que no lograron modificar lo que sucede en la sala de clase. Ha aumentado considerablemente la cobertura escolar, se han modernizado los planes de estudio, han aumentado los días y horas de clase, se dispone de mejores textos y equipos, se evalúan los resultados, se ha modernizado la gestión, pero los resultados de aprendizaje no han cambiado en una magnitud apropiada a los esfuerzos realizados en todos esos ámbitos, la desigualdad entre los resultados obtenidos por los alumnos de los diferentes secto-

res sociales es muy alta. Más allá de una discusión en profundidad acerca de estas reformas (Las Reformas Educativas, 2005; Braslavsky y Gvirtz, 2000) la impresión general que existe es que han subestimado la importancia del factor docente y que ha llegado el momento de prestarle toda la atención que se merece.

En pocas palabras, es posible sostener que hay consenso en reconocer que las políticas dirigidas al sector docente deben ser políticas integrales, que se dirijan al menos a tres variables fundamentales: la formación inicial y continua, las condiciones de trabajo y la carrera docente. Desde el punto de vista del mejoramiento de la enseñanza de ciencias, obviamente la variable principal es la que se refiere a la formación inicial y continua. Un maestro que no domine los contenidos de lo que debe enseñar, difícilmente pueda realizar bien su tarea. Pero las experiencias en este campo muestran que además del conocimiento científico, el maestro debe estar preparado en otras dimensiones igualmente importantes, entre las que se destacan la capacidad de trabajar en equipo y la confianza y el compromiso con la capacidad de aprendizaje de sus alumnos.

Los relatos de las experiencias innovadoras mencionadas en los puntos anteriores han reconocido que el factor docente es la clave del éxito. En muchos casos se trabaja con maestros voluntarios, lo cual deja en pie la pregunta acerca de cómo promover esa voluntad para participar en innovaciones. En todo caso, un principio básico debería ser utilizado en las estrategias de formación docente: aplicar con ellos los mismos métodos que pretendemos que ellos utilicen en su trabajo profesional.

En este aspecto, el papel de la universidad es crucial. Gran parte de los maestros y profesores son formados por las instituciones de enseñanza superior. Las universidades son también responsables de la investigación educativa vinculada con los métodos de enseñanza más eficaces para resolver los problemas de aprendizaje de los alumnos. En este sentido, es necesario impulsar debates y cambios en las orientaciones y pautas de prestigio de la actividad universitaria, que coloquen a la enseñanza científica básica en un lugar prioritario de sus programas y acciones.

1.2.3. Enseñanza de las ciencias y divulgación científica

El desempeño ciudadano reflexivo exige el manejo de los códigos científicos y es por ello que existe actualmente una fuerte tendencia al desarrollo de actividades de divulgación científica. Estas actividades se inscriben dentro del marco de lo que ha dado en llamarse “democracia cognitiva” y su éxito requiere, como condición previa, una ciudadanía capacitada para comprender los textos de divulgación. Pero la “democracia cognitiva” exige, no sólo que haya actividades de divulgación científica que permitan a los ciudadanos tener acceso a los conocimientos necesarios para comprender el mundo en que vivimos. De similar importancia es la construcción de ámbitos en los cuales el manejo de dichos conocimiento pueda ser efectivamente puesto en práctica para la toma decisiones.

La participación pública en decisiones tecno-científicas se puede promover a través de diferentes estrategias e iniciativas, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- *Audiencias públicas*: grupos de personas que participan en foros abiertos y discuten propuestas tecno-científicas del poder público.

- *Audiencias parlamentarias*: grupos políticos escuchan a expertos y actores sociales sobre determinadas iniciativas o cuestiones que los afectan.
- *Gestión negociada*: formación de comités integrados por representantes de diferentes sectores para alcanzar posiciones consensuadas sobre determinados problemas.
- *Paneles de ciudadanos*: especie de jurados populares.
- *Encuestas de opinión*. (Martín Gordillo y González Galbarte, 2002).

La divulgación de los conocimientos científicos es una tarea de enorme importancia social. No se trata que los ciudadanos posean el conjunto de conocimientos disponibles de una disciplina, sino que puedan juzgar la pertinencia de determinados proyectos y argumentos de los expertos y de los responsables de decisiones políticas. Este problema afecta también a los propios tomadores de decisiones, que deben hacer valer su visión propiamente política frente a los argumentos técnicos de los científicos. Para ello, sin embargo, deben entender lo que está en juego. En este sentido, la “mediatización” de los saberes científicos es una actividad fundamental. Esta mediatización constituye el mejor antídoto contra las visiones pseudo-científicas que a veces se difunden entre la población.

Obviamente, en la tarea de divulgación científica, los medios de comunicación de masas juegan un papel fundamental. La televisión, los diarios y las radios, constituyen un vehículo fundamental en esta tarea. Al respecto, la formación de los periodistas y el involucramiento de los científicos en el diseño y preparación de programas de divulgación es un factor clave de la calidad de dichos programas.

1.2.4. Promover innovaciones

Uno de los principios básicos de la actividad científica es la experimentación y la innovación. Sabemos que no existen soluciones únicas a los problemas y que es necesario ensayar alternativas nuevas para superar las dificultades que se presentan en el ejercicio de cualquier actividad. Esto también es válido para la educación y en particular para la enseñanza de las ciencias. Todas las experiencias exitosas mencionadas en este trabajo y las que podemos registrar en cualquiera de nuestros países responden a la dinámica de la innovación. En todas ellas hay un grupo comprometido con una determinada estrategia, que ensaya y avanza en el desarrollo de su experiencia. El sistema educativo formal es particularmente resistente a las innovaciones, pero parece llegado el momento de generar políticas que saquen a la innovación de su lugar “externo” al sistema y se incorpore como una práctica sistemática, estimulada por las propias pautas de la administración.

La política de las innovaciones educativas es uno de los temas más controvertidos entre los analistas y tomadores de decisiones (Elmore, 1996a, 1996b). Para el caso de América Latina, parece evidente que es necesario estimular la capacidad de innovar, pero en un contexto de fuertes carencias tanto materiales como de recursos humanos, las innovaciones en enseñanza de las ciencias deben, por lo tanto, asumir ese punto de partida tan desigual y fragmentado. Para ello, será necesario estimular innovaciones pero también crear las condiciones básicas —institucionales y materiales— que permitan que los estímulos sean efectivos. Esas condiciones apuntan, por lo menos, a tres componentes: condiciones materiales de trabajo de los docentes, equipamiento de las escuelas, normativas de gestión que otorguen premios a la innovación.

1.2.5. Promover la cooperación internacional

Por último es preciso destacar que la enseñanza de las ciencias es un campo muy propicio para la cooperación internacional. Los materiales y los equipos didácticos así como las propias metodologías de enseñanza tienen una base común, dada por el carácter más “universal” que define al conocimiento científico. Esta característica puede ser aprovechada para programas de cooperación que eviten la repetición de esfuerzos y que permitan aprovechar los avances realizados en otros contextos. Las modalidades de la cooperación también deben ser revisadas. No se trata de transferir productos terminados, “llave en mano”, sino de fortalecer la capacidad local para la utilización de esos productos en contextos locales.

Las realidades de nuestros países son muy heterogéneas y es necesario tener muy en cuenta los diferentes puntos de partida. Pero esa heterogeneidad no puede ser la justificación para el aislamiento y la práctica de “inventar la rueda” todo el tiempo. Modalidades de cooperación que superen la idea de un receptor pasivo son fundamentales. En este sentido, modalidades como las visitas de estudio, la capacitación del personal local, constituyen pistas alentadoras que deben ser incentivadas.

1.3. Comentario final

Las voces que han señalado la necesidad de poner las estrategias destinadas a mejorar la enseñanza de las ciencias como una prioridad de las políticas educativas han sido numerosas y constantes. La falta de respuestas debe ser considerada, en consecuencia, como un fenómeno nada casual ni producto exclusivo de un solo factor. Estamos ante una realidad compleja y reconocer esa complejidad es el primer paso para evitar soluciones superficiales de escasa sustentabilidad.

El análisis presentado en este documento identifica al menos tres grandes obstáculos para la implementación de estas políticas: las carencias en la formación de los maestros y profesores, la escasez de recursos y la falta de voluntad política para llevar adelante políticas que contemplan la complejidad del sistema educativo y que permitan intervenir efectivamente en la realidad. Las tres dimensiones son fundamentales y por eso es necesario adoptar un enfoque sistémico. Pero un enfoque sistémico no significa que haya que hacer todo el mismo tiempo. La pregunta fundamental que debe responder una visión estratégica es la que se refiere a la secuencia de cambio. Al respecto, sabemos que no existen secuencias de validez universal. La necesidad de contextualizar las estrategias políticas es uno de los aprendizajes que, dolorosamente, hemos realizado en las últimas décadas. Sin embargo, y especialmente para el caso de América Latina, es posible sostener que debemos prestar una atención muy fuerte al fortalecimiento de la voluntad política de emprender estos cambios. El apoyo político es condición necesaria para que los esfuerzos no se dispersen y asuman el carácter de estrategias nacionales de política educativa.

Referencias bibliográficas

- BOWYER, J.: *Scientific and technological Literacy: education for change*. Unesco, 1990.
- BRASLAVSKY & GVIRTZ (2000): “Nuevos desafíos y dispositivos en la política educacional latinoamericana de fin de siglo”, en *Cuadernos de la OEI Educación Comparada*, 41-72. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), Madrid, 2000.

- CHAVES, A. S.: “Educação para a Ciência e a Tecnologia”, en WERTHEIN, J. y CUNHA, C. DA (orgs.): *Educação Científica e Desenvolvimento: O que pensam os cientistas*. UNESCO. Instituto Sangari, Brasília, 2005, pp. 47-68.
- DELACÓTE, G.: *Enseñar y aprender con nuevos métodos. La revolución cultural de la era electrónica*, Editorial GEDISA, 1997.
- ELMORE, R. F. y colaboradores: *La reestructuración de las escuelas. La siguiente generación de la reforma educativa*, Fondo de Cultura Económica, Méjico, 1996a.
- ELMORE, R. F.: “Getting to scale with good educational practice”, *Harvard Business Review*, vol. 66, Issue 1, p1, 26p, 1996b.
- KAMENS, D. H. y BENAVIDOT, A.: “A Comparative and Historical Analysis of Mathematics and Science Curricula, 1800-1986”, en MEYER, J. W., KAMENS, D. H. and BENAVIDOT, A.: *School Knowledge for the Masses; World Models and National Primary Curricular Categories in the Twentieth Century*. Washington-London, The Falmer Press, 1992.
- La Educación en Iberoamérica. A través de las declaraciones de las cumbres de Jefes de Estado y de Gobierno y de las Conferencias Iberoamericanas de Educación*. Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), Madrid, 1998.
- Las Reformas Educativas en la década de 1990. Un estudio comparado de Argentina, Chile y Uruguay, Proyecto Alcance y resultados de las reformas educativas en Argentina, Chile y Uruguay*, ATN/SF-6250-RG, Banco Interamericano de Desarrollo, Ministerios de Educación de Argentina, Chile y Uruguay, Grupo Asesor de la Universidad de Stanford, 2004.
- MARTÍN GORDILLO, M. y GONZÁLEZ GALBARTE, J. C.: “Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS”, en *Revista Iberoamericana de Educación (OEI)*, n.º 28, 2002, pp. 17-59.
- MORIN, E.: *La tête bien faite; Repenser la réforme, Réformer la pensée*. Paris, Seuil, 1999.
- OSORIO, C.: “La educación científica y tecnológica desde el enfoque en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Aproximaciones y experiencias para la educación secundaria”, en *Revista Iberoamericana de Educación*, n.º 28, 2002, pp. 61-81.
- UNESCO: *Vers les sociétés du savoir*. Paris, Editions UNESCO, 2005.
- WERTHEIN, J. y CUNHA, C. DA (orgs.): *Educação Científica e Desenvolvimento: O que pensam os cientistas*. UNESCO. Instituto Sangari, Brasília, 2005.

2. Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos¹

José Antonio López Cerezo

2.1. ¿Qué es CTS?

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

La concepción clásica de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, todavía presente en buena medida en diversos ámbitos del mundo académico y en medios de divulgación, es una concepción esencialista y triunfalista. Puede resumirse en una simple ecuación:

$$+ \text{ciencia} = + \text{tecnología} = + \text{riqueza} = + \text{bienestar social}$$

Mediante la aplicación del método científico (como una suerte de combinación de razonamiento lógico y observación cuidadosa) y el acatamiento de un severo código de honestidad profesional, se espera que la ciencia produzca la acumulación de conocimiento objetivo acerca del mundo. Ahora bien —se nos advierte en esta visión clásica—, la ciencia sólo puede contribuir al mayor bienestar social si se olvida de la sociedad para buscar exclusivamente la verdad (Maxwell, 1984). Análogamente, sólo es posible que la tecnología pueda actuar de cadena transmisora en la mejora social si se respeta su autonomía, si se olvida de la sociedad para atender únicamente a un criterio interno de eficacia técnica. Ciencia y tecnología son presentadas así como formas autónomas de la cultura, como actividades valorativamente neutrales, como una alianza heroica de conquista de la naturaleza (Echeverría, 1995; González García *et al.*, 1996).

La expresión política de esa autonomía, donde se señala que la gestión del cambio científico-tecnológico debe ser dejada en manos de los propios especialistas, es algo que tiene lugar después de la segunda guerra mundial, en una época de intenso optimismo acerca de las posibilidades de

1. Publicado originalmente con el mismo título en la *Revista Iberoamericana de Educación*, n.º 18, 1998, pp. 41-68.

la ciencia-tecnología y de apoyo incondicional a la misma. La elaboración doctrinal de ese manifiesto de autonomía con respecto a la sociedad debe su origen a Vannevar Bush, un científico norteamericano involucrado en el *Proyecto Manhattan* para la construcción de la primera bomba atómica.

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

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

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

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

El cambio académico de la imagen de la ciencia y la tecnología es un proceso que comienza en los años 70 y que hoy se halla en fase de intenso desarrollo. Se trata de los estudios CTS. La clave se encuentra en presentar la ciencia-tecnología no como un proceso o actividad autónoma que

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

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

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

Por su parte, la tradición norteamericana se ha centrado más bien en las **consecuencias** sociales (y ambientales) de los productos tecnológicos, descuidando en general los antecedentes socia-

les de tales productos. Se trata de una tradición mucho más activista y muy implicada en los movimientos de protesta social producidos durante los años 60 y 70. Desde un punto de vista académico, el marco de estudio está básicamente constituido por las humanidades (filosofía, historia, teoría política, etc.), y la consolidación institucional de esta tradición se ha producido a través de la enseñanza y la reflexión política. Algunos autores destacados en esta línea de trabajo son Paul Durbin, Ivan Illich, Carl Mitcham, Kristin Shrader-Frechette o Langdon Winner. El movimiento pragmatista norteamericano y la obra de activistas ambientales y sociales como R. Carson o E. Schumacher son el punto de partida de este movimiento en los EEUU. A pesar de los intentos de colaboración, cada una de estas tradiciones sigue hoy contando con sus propios manuales, congresos, revistas, asociaciones, etc., con un éxito institucional parcial en el mejor de los casos (González García *et al.*, 1996).

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

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

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

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

2.2. Educación CTS

El ámbito de la educación no ha sido ajeno a las corrientes de activismo social y de investigación académica que, desde finales de los 60, han reclamado una nueva forma de entender la ciencia-

tecnología y una renegociación de sus relaciones con la sociedad. Esto ha producido, ya en los 70, la aparición de numerosas propuestas para llevar a cabo un planteamiento más crítico y contextualizado de la enseñanza de las ciencias y de los tópicos relacionados con la ciencia y la tecnología, tanto en enseñanza media como en enseñanza superior. Se trata de la educación CTS.

En efecto, decíamos antes que dos objetivos principales de la investigación académica y de la política pública de inspiración CTS son, por un lado, la contextualización (desmitificación) de la ciencia y la tecnología, y, por otro, la promoción de la participación pública en contra de los estilos tecnocráticos de ordenamiento institucional. En este sentido, una forma de entender la educación CTS es como una aplicación de los puntos anteriores en el ámbito educativo, lo cual implica, por un lado, cambios en los contenidos de la enseñanza de la ciencia-tecnología, y, por otro, cambios metodológicos y actitudinales por parte de los grupos sociales involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se trata de cambios que, en última instancia, tienen por objeto acercar las dos célebres culturas, la humanística y la científico-tecnológica, separadas tradicionalmente por un abismo de incompreensión y desprecio (Snow, 1964): alfabetizando en ciencia y tecnología a ciudadanos que sean capaces de tomar decisiones informadas, por una parte, y promoviendo el pensamiento crítico y la independencia intelectual en los expertos al servicio de la sociedad, por otra.

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

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

2.3. CTS como añadido curricular

Esta primera opción consiste en completar el currículo tradicional con una materia de CTS pura, bajo la forma de asignatura optativa u obligatoria. Se trata, entonces, de introducir al estudiante en los problemas sociales, ambientales, éticos, culturales, etc., planteados por la ciencia y la tecnología a través de un curso monográfico. Al concebir CTS como asignatura, y especialmente cuando constituye una materia común para estudiantes de diversas especialidades, tienden a predominar en ella los contenidos no técnicos. Es, por tanto, una opción docente para profesores de humanidades y ciencias sociales, que tenderán a enfatizar los aspectos filosóficos, históricos, sociológicos, etc., de las relaciones ciencia-sociedad.

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

Los objetivos generales de esta modalidad educativa CTS son transmitir a estudiantes de diversas especialidades una conciencia crítica e informada sobre ciencia-tecnología, mostrando, por ejemplo, los límites ecológicos del desarrollo económico y tecnológico. El procedimiento habitual es reorientar estudios de base disciplinar en humanidades y ciencias sociales hacia los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología. Respecto a las ventajas de esta opción educativa, destaca la facilidad para incluir contenidos CTS de la tradición europea, tras una necesaria capacitación del profesorado (posibilidad que, por ejemplo, ofrecen las unidades *SISCON*); además, el cambio curricular no es costoso. Otra cuestión es el tema de formación del profesorado, que puede requerir un esfuerzo importante. El principal riesgo de esta modalidad es la disonancia curricular entre materias: que la concepción general y los contenidos de ciencia y tecnología transmitidos por la asignatura CTS sean muy diferentes de los transmitidos por asignaturas de ciencias tradicionales impartidos por profesores con puntos de vista tradicionales.

2.4. CTS como añadido de materias

La segunda posibilidad consiste en completar los temas tradicionales de la enseñanza de las ciencias particulares con añadidos CTS al final de los temarios correspondientes, o intercalando de algún otro modo los contenidos CTS. Con este formato curricular para CTS tenderán lógicamente a predominar los contenidos técnicos y, por tanto, la docencia se verá restringida a los profesores de ciencias.

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

- ¿Qué hay en nuestros alimentos? Una mirada a sus etiquetas.
- Beber alcohol.
- El uso de la radiactividad.

- Los niños probeta.
- Gafas y lentes de contacto.
- Productos químicos derivados de la sal.
- El reciclaje del aluminio.
- La etiqueta al dorso: una mirada a las fibras textiles.
- La lluvia ácida.
- SIDA.
- 220 V. pueden matar.

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

El objetivo general de esta modalidad educativa es concienciar a los estudiantes sobre las consecuencias sociales y ambientales de la ciencia y la tecnología. Su ventaja más llamativa es que hace más interesantes los temas puramente científicos y, por ello, proporciona un estímulo importante para el estudio de la ciencia y la formación de vocaciones. Otra ventaja es que el cambio curricular no es costoso, aunque sí menos sencillo que en la opción anterior. Además, dado que tienden a excluirse contenidos CTS de la tradición europea y a que suelen predominar los contenidos técnicos, no requiere una capacitación CTS especial por parte del profesorado. El riesgo obvio, dado lo anterior, es la omisión de los contenidos específicos CTS o la conversión de éstos en un añadido decorativo.

2.5. Ciencia y tecnología a través de CTS

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

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

- Hielo, agua, vapor.
- Puentes.

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

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

Como resulta ya evidente, el objetivo general de esta opción educativa es capacitar al estudiante en el uso y comprensión de conceptos científicos, a la vez que se le explica la utilidad y problemática social que puede tener una parte de la física, la química, etc. La ventaja más clara de esta opción es su facilidad para suscitar interés en el estudiante por la ciencia, facilitando el aprendizaje de ésta. De ese modo, los alumnos con problemas en asignaturas de ciencias tienen más facilidades educativas. Además, dicha opción promueve una cierta conciencia social en los estudiantes y fomenta el sentido de la responsabilidad. Pero también esta tercera alternativa, siendo la más consecuente con los planteamientos CTS, es la más costosa en muchos sentidos. Ante todo, en sus modalidades de implantación más globales, supondría poner el currículo patas arriba, transgrediendo la docencia compartimentalizada mediante las tradicionales fronteras disciplinares. Además, requeriría un considerable esfuerzo en reciclaje del profesorado, reformas en la planificación didáctica, etc.

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

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

La crítica social no produce menosprecio sino más bien interés y compromiso (Sanmartín y Hronszky, 1994).

2.6. La metodología de la educación CTS

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

2.7. Silogismo CTS: dos tradiciones complementarias

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

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

Mientras la primera premisa resume los resultados de la investigación académica en la tradición CTS de origen europeo —donde la ciencia-tecnología es concebida básicamente como un proceso social—, la segunda recoge los resultados de la tradición norteamericana, destacando el carácter social de los productos científico-tecnológicos. La naturaleza valorativa de la tercera premisa justifica el “deberíamos” de la conclusión. Se trata, en suma, de desmitificar la ciencia y la tecnología situándolas en el contexto social en el que se desarrollan, mostrando los valores, intereses e impactos sociales que hacen de la ciencia y la tecnología una actividad terrenal que va más allá de la mera búsqueda de conocimiento. Es sólo un primer paso que, como ha sido indicado, debe ir acompañado de la acción política y educativa. No se trata, sin embargo, de proponer una romántica vuelta a la naturaleza primigenia. No podemos hacerlo ni probablemente nos gustaría prescindir de vacunas o de electricidad. Desmitificar no es descalificar sino situar las cosas en el lugar que les corresponde: mostrar las limitaciones y servidumbres de la ciencia-tecnología, ni más ni menos que como cualquier otra actividad humana, lo cual es mejor para la sociedad y también para la ciencia (Barnes, 1982; Lamo de Espinosa *et al.*, 1994).

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

2.8. Reflexión final

Una pequeña reflexión final puede ejemplificar la importancia de combinar los temas y enfoques de las dos grandes tradiciones CTS, una combinación que mejoraría las relaciones ciencia-sociedad y que podría mejorar la propia ciencia-tecnología. Se trata de un ejemplo de análisis CTS, más cercano quizás a la baja que a la alta iglesia, desarrollado básicamente a partir de la crítica de Dyson (1997) del divorcio ciencia-sociedad. Es un ejemplo provocador que puede mostrar mucho mejor que las palabras generales la importancia y el horizonte de los temas y problemas CTS. Godfrey Hardy, el gran matemático inglés de la primera mitad de siglo, muy conocido por sus contribuciones a la teoría de números primos, escribía sobre la ciencia de su época a principios de la segunda guerra mundial:

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

Hardy repite una idea que ya había expuesto por escrito a principios de la guerra anterior, la Gran Guerra. Son palabras muy duras que podemos encontrar en su libro *Autojustificación de un ma-*

temático, donde se vanagloria de haber dedicado su vida a la creación de un arte abstracto inútil, la matemática pura, una dedicación por completo “inocua e inocente”. Y, como repite Hardy haciéndose eco de Gauss, la teoría de números a la que dedicó buena parte de su trabajo es, a causa de su suprema inutilidad, la reina de las matemáticas.

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

La ciencia y la tecnología actuales no suelen actuar como agentes niveladores, tal como hicieron otras innovaciones del pasado como la radio o los antibióticos, sino que tienden más bien a hacer a los ricos más ricos y a los pobres más pobres, acentuando la desigual distribución de la riqueza entre clases sociales y entre naciones. Sólo una pequeña parte de la humanidad puede permitirse el lujo de un teléfono móvil, un ordenador conectado a Internet o simplemente viajar en avión. Y, como dice Ivan Illich (1974), cada vez que alguien toma un avión, ahorrando tiempo y derrochando energía, obliga a otros muchos a caminar, cuando no es esa misma ciencia y tecnología la que destruye de un modo más directo la vida humana o la naturaleza, como ocurre con tantos ejemplos familiares. Las tecnologías armamentísticas siguen siendo tan rentables como en tiempos de la guerra fría. La ciencia y la tecnología actuales son muy eficaces; el problema está en si sus objetivos son socialmente valiosos.

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

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

No debemos olvidar, para completar este negro panorama, campos científico-tecnológicos tan problemáticos como la energía nuclear o la biotecnología, denunciados no sólo por su aplicación militar sino también por su peligrosidad social y ambiental, e incluso, como en el caso de las técnicas de diagnóstico genético, por su uso como instrumento de discriminación social en el ámbito

laboral y de compañías aseguradoras (Sanmartín *et al.*, 1992). Prometen no sólo no resolver los grandes problemas sociales, sino también crear más y nuevos problemas.

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

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

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

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

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

Referencias bibliográficas

ABAD PASCUAL, J. J.; GARCÍA GUTIÉRREZ, A.M., y SANGÜESA ORTÍ, J.: *Ciencia, tecnología y sociedad*, Guía didáctica y manual de educación secundaria.

- AIKENHEAD, G. S. (1986): "The Content of STS Education", en *Thirunarayanan* (1992).
- ALONSO, A.; AYESTARÁN, I., y URSÚA, N.: *Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Estella, EVD, 1996.
- ÁLVAREZ PALACIOS, F.; FERNÁNDEZ-POSSE OTERO, G., y RISTORI GARCÍA, T.: *Ciencia, tecnología y sociedad*, manual de educación secundaria, Madrid, Ediciones Laberinto, 1996.
- BARNES, B. (1982): *Kuhn y las ciencias sociales*, México, FCE, 1986.
- (1985): *Sobre ciencia*, Barcelona, Labor, 1987.
- DYSON, F.: "Can Science be Ethical?", *The New York Review of Books* XLIV/6: 46-49, 1997.
- ECHEVERRÍA, J.: *Filosofía de la ciencia*, Madrid, Akal, 1995.
- FULLER, S.: "On the Motives for the New Sociology of Science", *History of the Human Sciences* 8/2: 117-124, 1995.
- GONZÁLEZ GARCÍA, M.; LÓPEZ CEREZO, J. A., y LUJÁN, J. L.: *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Tecnos, 1996.
- (eds.): *Ciencia, Tecnología y Sociedad: lecturas seleccionadas*, Barcelona, Ariel, 1997.
- HARDY, G. H. (1940): *Autojustificación de un matemático*, Barcelona, Ariel, 1981.
- ILlich, I.: *Energía y equidad*: Barcelona, Barral, 1974.
- IRANZO, J. M. et al. (ed.): *Sociología de la ciencia y la tecnología*, Madrid, CSIC, 1995.
- LAMO DE ESPINOSA, E.; GONZÁLEZ GARCÍA, J. M., y TORRES ALBERO, C.: *La sociología del conocimiento y de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1994.
- LATOUR, B. (1987): *Ciencia en acción*, Barcelona, Labor, 1992.
- LÓPEZ CEREZO, J. A.: "STS Education in Practice: The Case of Spain", *Bulletin of Science, Technology and Society* 14/3: 158-166, 1994.
- MAXWELL, N.: *From Knowledge to Wisdom: A Revolution in the Aims & Methods of Science*, Oxford, Blackwell, 1984.
- MCCOMAS, W. F.; BLUNCK, S. M.; McARTHUR, J. M., y BROCKMEYER, M. A.: "Changing the Focus: Fostering the Development of Science, Technology, and Society Programs in Schools", *Bulletin of Science, Technology and Society* 12: 294-298, 1992.
- MEDINA, M. y SANMARTÍN, J. (eds.): *Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Barcelona: Anthropos, 1990.
- MÉNDEZ SANZ, J. A. y LÓPEZ CEREZO, J. A.: "Participación pública en política científica y tecnológica", en: *Alonso et al.* (1996).
- QUINTANILLA, M. A. y SÁNCHEZ RON, J. M.: *Ciencia, tecnología y sociedad*, manual de educación secundaria, Madrid, Editorial Santillana, 1997.
- RUBBA, P. A. y WIESENMEYER, R. L. (1993): "Increased Action by Students", en: R.E. Yager (ed.), *The Science, Technology, Society Movement*, NSTA, 1993.
- SANMARTÍN, J.: *Tecnología y futuro humano*, Barcelona, Anthropos, 1990.
- et al.: *Estudios sobre sociedad y tecnología*, Barcelona, Anthropos, 1992.
- y HRONSZKY, I. (eds.): *Superando fronteras: estudios europeos de Ciencia-Tecnología-Sociedad y evaluación de tecnologías*, Barcelona, Anthropos, 1994.
- SNOW, C. P. (1964): *Las dos culturas y un segundo enfoque*, Madrid, Alianza, 1977.
- SOLOMON, J. y AIKENHEAD, G. (eds.): *STS Education: International Perspectives on Reform*, Nueva York: Teachers College Press, 1994.
- VV.AA. (1995): "La educación ciencia-tecnología-sociedad", número monográfico de *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n.º 3, enero de 1995.
- WAKS, L.: "The Responsibility Spiral: A Curriculum Framework for STS Education", en: *Thirunarayanan*, 1992.
- WINNER, L. (1986): *La ballena y el reactor*, Barcelona, Gedisa, 1987.
- YAGER, R. E. (1992): "The Constructivist Learning Model: A Must for STS Classrooms", en: R.E. Yager, R.E. (ed.), *The Status of Science-Technology-Society. Reforms Around the World*, International Council of Associations for Science Education/Yearbook, 1992.
- "The Advantages of STS Approaches in Science Instruction in Grades Four Through Nine", *Bulletin of Science, Technology and Society* 13: 74-82, 1993.

3. Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS¹

José Antonio Acevedo Díaz

3.1. ¿Qué es CTS en el ámbito educativo?

Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) es al mismo tiempo un campo de estudio e investigación y, sobre todo, una propuesta educativa innovadora de carácter general (Acevedo, 1997; Vázquez, 1999). Desde la primera perspectiva trata de comprender mejor la ciencia y la tecnología en su contexto social; aborda, pues, las relaciones mutuas entre los desarrollos científicos y tecnológicos y los procesos sociales. Como propuesta educativa general constituye un nuevo planteamiento radical del *currículum* en todos los niveles de enseñanza, con la principal finalidad de dar una formación en conocimientos y, especialmente, en valores que favorezca la participación ciudadana responsable y democrática en la evaluación y el control de las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología (Waks, 1996b).

Así pues, en el ámbito educativo, la educación CTS es una innovación destinada a promover una extensa alfabetización científica y tecnológica (*science and technology literacy*), de manera que se capacite a todas las personas (*science and technology for all*) para poder tomar decisiones responsables en cuestiones controvertidas relacionadas con la calidad de las condiciones de vida —entendida ésta en un sentido amplio— en una sociedad cada vez más impregnada de ciencia y tecnología (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001).

¿Qué debe entenderse aquí por alfabetización científica y tecnológica? Bajo esta expresión pueden perseguirse diversos objetivos, que van desde aquellos más centrados en los conocimientos hasta los que hacen mayor hincapié en los aspectos actitudinales y axiológicos (valores y normas). Así pues, una enseñanza con orientación CTS puede destinarse a:

- Incrementar la comprensión de los conocimientos científicos y tecnológicos, así como sus relaciones y diferencias, con el propósito de atraer más alumnado hacia las actividades profesionales relacionadas con la ciencia y la tecnología.
- Potenciar los valores propios de la ciencia y la tecnología para poder entender mejor lo que éstas pueden aportar a la sociedad, prestando también especial atención a los aspectos éticos necesarios para su uso más responsable.
- Desarrollar las capacidades de los estudiantes para hacer posible una mayor comprensión de los impactos sociales de la ciencia y, sobre todo, de la tecnología, permitiendo así su par-

1. Ésta es una versión corregida y actualizada con nuevas referencias bibliográficas de la publicada originalmente con el mismo título en la revista *Borrador*, 13, pp. 26-30 (1996), en la actualidad fuera de edición. El autor agradece las facilidades recibidas para poder hacer uso libre de los contenidos del artículo.

ticipación efectiva como ciudadanos en la sociedad civil. Este punto de vista es, sin duda, el que tiene mayor interés en una educación obligatoria y democrática para todas las personas.

3.2. ¿Por qué CTS en la educación?

Como consecuencia del enorme trecho que hay entre los documentos de planificación de la enseñanza y la gestión de la misma en el aula, las metas que se formulan en los proyectos curriculares no predicen necesariamente posteriores actuaciones en clase. Muchos profesores, que son conscientes de los objetivos deseables, no saben luego cómo llevarlos a la práctica y continúan enseñando de la misma manera que siempre. Por ejemplo, el profesorado de ciencias ha expresado muchas veces su preocupación por desarrollar en el alumnado actitudes más positivas hacia la ciencia (Solbes, 1990) y porque sean capaces de identificar y resolver problemas más reales, aplicando en su entorno cotidiano los conocimientos científicos que se abordan en el aula. Sin embargo, por diversos motivos —algunos relacionados con una formación inadecuada— no son muchos los profesores que realmente reflejan estas buenas intenciones en el desarrollo de su enseñanza habitual (Solbes y Vilches, 1995; también Vilches, 1993). La orientación CTS de la enseñanza de las ciencias intenta aportar soluciones a estos problemas.

En efecto, la perspectiva CTS permite ir más allá del mero conocimiento académico de la ciencia y la tecnología, preocupándose por los problemas sociales relacionados con lo científico y lo tecnológico, favoreciendo la construcción de actitudes, valores y normas de conducta en relación con estas cuestiones y atendiendo a la formación del alumnado para tomar decisiones con fundamento y actuar responsablemente —individual y colectivamente— en la sociedad civil (para más información sobre estos aspectos pueden consultarse, entre otros, Acevedo, 1995, 1996, 1997; Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Vázquez, 1997; Waks, 1990a,b, 1992, 1996a,b). Al mismo tiempo, la orientación CTS en la enseñanza de las ciencias puede contribuir mejor a la adquisición de las capacidades generales formuladas para la Educación Secundaria Obligatoria, así como facilitar también la consecución de los objetivos generales propios del área de Ciencias de la Naturaleza en esa etapa de la educación obligatoria.

3.3. El papel del profesor en la educación CTS

Gran parte de los éxitos, y también de los fracasos, de los estudiantes suelen estar relacionados con el clima que se genera en el aula. Los profesores que deseen dar una orientación CTS a su enseñanza no sólo tienen que comunicar a sus alumnos los objetivos que se pretenden alcanzar, sino que han de esforzarse personalmente por lograrlos y predicar con el ejemplo. El profesorado deberá promover también la comunicación en el aula, una mayor actividad —que no “activismo”— por parte de los alumnos y hasta una cierta autonomía para ellos. Penick (1993) lo ha subrayado con rotundidad cuando señala que, si se quiere potenciar la libertad intelectual, estimular el pensamiento crítico, la creatividad y la comunicación entre los alumnos, tomando como referente lo que se considera necesario y deseable en las finalidades educativas del Proyecto de Centro, es necesario un tipo de profesor que tenga claro cuál debe ser el clima del aula más adecuado para la educación CTS, una sólida formación para definirlo y defenderlo, y la capacidad para crearlo, lo que supone más cooperación entre el profesorado y el alumnado para reforzar su autoestima.

Partiendo de diversos estudios de investigación sobre el profesorado que trabaja en el marco de una enseñanza CTS, Penick (1993) ha identificado y generalizado un conjunto de funciones básicas para caracterizar su papel en este tipo de enseñanza, las cuales se han reelaborado y resumido en el cuadro 1.

Cuadro 1. Algunas funciones características del profesorado que pone en práctica la educación CTS

1. Dedicar tiempo suficiente a planificar los procesos de enseñanza-aprendizaje y la programación de aula, así como a la evaluación de la enseñanza practicada para mejorarla.
2. Son flexibles con el curriculum y la propia programación.
3. Proporcionan un “clima” afectivamente acogedor e intelectualmente estimulante, destinado a promover
4. Tienen altas expectativas sobre sí mismos y sus alumnos, siendo capaces de animar, apoyar y potenciar las iniciativas de éstos.
5. Indagan activamente, mostrándose deseosos de aprender nuevas ideas, habilidades y acciones, incluyendo tanto las que provienen de la psicopedagogía como de la actualidad científica y tecnológica y del ámbito social. También son capaces de aprender con sus compañeros y con sus alumnos.
6. Provocan que surjan preguntas y temas de interés en el aula. Siempre piden fundamentos o pruebas que sostengan las ideas que se proponen.
7. Potencian la aplicación de los conocimientos al mundo real. Dan tiempo para discutir y evaluar estas aplicaciones.
8. Hacen que los alumnos vean la utilidad de la ciencia y la tecnología y les dan confianza en su propia capacidad para utilizarlas con éxito. No ocultan, sin embargo, las limitaciones de éstas para resolver los complejos problemas sociales.
9. No contemplan las paredes del aula como una frontera, ya que creen que el aprendizaje debe trascenderla. Llevan a clase personas y recursos diversos. Educan para la vida y para vivir.

Puede advertirse que la mayoría de estas funciones no son exclusivas de este enfoque, pero el movimiento educativo CTS las ha recogido conjuntamente como imprescindibles para lograr una enseñanza de calidad destinada a proporcionar el éxito de los estudiantes en sus aprendizajes.

3.4. Estrategias de enseñanza-aprendizaje en la educación CTS

Para romper con la monotonía del aula, contribuyendo así a motivar más a los estudiantes en sus aprendizajes, en la educación CTS suele utilizarse una gran diversidad de estrategias y técnicas de enseñanza. Aunque, como hace notar Membiela (1995), ninguna es exclusiva de la enseñanza con orientación CTS, la variedad metodológica de las clases CTS es mayor que en otros casos (Hofstein, Aikenhead y Riquarts, 1988).

Estas técnicas y estrategias van más allá de lo que se suele hacer habitualmente en la enseñanza de las ciencias: *conferencias del profesor* (lecciones magistrales), *demonstraciones experimentales* (experiencias de cátedra), *sesiones de preguntas* (más a los alumnos que de los alumnos, y raras veces entre los alumnos), *resolución de problemas de papel y lápiz* (frecuentemente ejercicios poco problemáticos para el profesor) y *trabajos prácticos en el laboratorio* (generalmente concebidos como comprobaciones experimentales siguiendo una receta). No vamos a debatir aquí sobre la eficacia de estas técnicas metodológicas en la enseñanza de las ciencias (para una crítica a las mismas, elaborada con coherencia desde una particular visión constructivista del aprendizaje, puede consultarse Gil, Carrascosa, Furió y Martínez-Torregrosa, 1991).

En la educación CTS se utilizan actividades que suponen una gran implicación personal para el alumnado y que sirven para desarrollar programas de enseñanza y elaborar proyectos curricu-

lares en los que se presta más atención a centros de interés de los estudiantes que a otros puntos de vista más academicistas. A partir de problemas de interés social de la ciencia y la tecnología, que incluyen tanto sus posibles efectos beneficiosos como los riesgos potenciales, la enseñanza CTS supone utilizar, entre otras, las estrategias de enseñanza-aprendizaje que se muestran en el cuadro 2 y han sido señaladas, entre otros, por Acevedo (1996), Membiela (1995) y San Valero (1995).

CUADRO 2. Estrategias de enseñanza-aprendizaje que se usan en la enseñanza CTS

1. Resolución de problemas abiertos incluyendo la toma razonada y democrática de decisiones.
2. Elaboración de proyectos en pequeños grupos cooperativos.
3. Realización de trabajos prácticos de campo.
4. Juegos de simulación y de “roles” (*role-playing*).
5. Participación en foros y debates.
6. Presencia de especialistas en el aula, que pueden ser padres y madres de la comunidad educativa.
7. Visitas a fábricas y empresas, exposiciones y museos científico-técnicos, complejos de interés científico y tecnológico, parques tecnológicos, etc.
8. Breves períodos de formación en empresas y centros de trabajo.
9. Implicación y actuación civil activa en la comunidad.

Muestras concretas del uso de estas técnicas pueden encontrarse en los proyectos y materiales curriculares para la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva CTS. Así, en el *Proyecto AP-QUA* (Medir, 1995) las actividades de trabajo plantean, además de experimentos de bajo coste, preguntas abiertas para el debate y situaciones simuladas como, por ejemplo, una asamblea pública para la evaluación social de tecnologías (*métodos de limpieza*), en relación con un problema significativo (*la contaminación de las aguas subterráneas*) y atendiendo a diversos factores de decisión (*seguridad, rapidez, coste, transporte e impacto en el medio*). Otro ejemplo puede ser el *Proyecto Biología Humana para la Enseñanza Secundaria (13-14)*, de la Universidad de Stanford (California, EE.UU.), que se centra en la resolución de problemas de las ciencias biológicas y sociales importantes para el alumnado de esas edades, tanto desde una óptica personal como social (Acevedo, 1991); el análisis de situaciones problemáticas, la realización de experimentos, las discusiones razonadas y la toma de decisiones son elementos destacados en el desarrollo de su programa de actividades.

Además de las estrategias señaladas, el *Proyecto Ciencia a través de Europa (Science Across Europe)* introduce una interesante novedad metodológica: la comunicación y el intercambio de información sobre temas CTS entre colegios europeos, poniendo así de manifiesto las diferentes tradiciones nacionales frente a una cultura europea común (Parejo 1995). Por ejemplo, en la unidad temática *Lluvia ácida sobre Europa* se estudia el problema en diversos países europeos comparando diferentes puntos de vista. Así mismo, la unidad *Energía renovable en Europa* considera las fuentes y el uso de energías renovables a pequeña y gran escala. Esta peculiaridad del proyecto permite pasar de los problemas locales del entorno próximo a los globales y comunes para todos los europeos, combinando a la vez la diversidad y unidad de los impactos sociales de la ciencia y la tecnología.

Aunque estimulantes, a veces estas técnicas pueden resultar muy exigentes para el profesorado, que tendrá que cambiar su papel de actuación en el aula dedicándose más a la organización de

la misma, distribuir el tiempo disponible y los recursos y, sobre todo, ocuparse del clima del aula, de acuerdo con lo que se ha indicado.

3.5. Recapitulación

En otro artículo (Acevedo, 1997) nos ocupábamos del significado de la educación CTS en la enseñanza secundaria y de las diversas opciones posibles para introducirla en los *currícula* de ciencias. En esta ocasión nos hemos centrado en destacar cómo una enseñanza con orientación CTS puede ayudar a modificar la *praxis* docente desde dos puntos de vista complementarios: el papel del profesor y las estrategias de enseñanza-aprendizaje.

Si allí se reclamaba la incorporación de la formación de actitudes de responsabilidad personal y social en la educación científica y tecnológica, aquí se subraya también la importancia de la gestión ambiental del clima del aula, tanto en lo afectivo como en lo metodológico, y la extensión de los aprendizajes más allá de ella con el fin de lograr así una enseñanza de mayor calidad y mejores actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia y la tecnología.

Referencias bibliográficas

- ACEVEDO, J. A. (1991): “Estudios de casos de innovación: Biología Humana para Enseñanza Secundaria (13-14)”, *Investigación en la Escuela*, 13, 134-135.
- (1995): “Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema”, *Alambique*, 3, 75-84.
- (1996): “La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema”, *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-44.
- (1997): “Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias”, *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 10, 269-275.
- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C., y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991): *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori/ICE de la Universidad de Barcelona.
- HOFSTEIN, A.; AIKENHEAD, G., y RIQUARTS, K. (1988): “Discussion over STS at the Fourth IOSTE Symposium”, *International Journal of Science Education*, 10(4), 357-366.
- MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, A., y ACEVEDO, J. A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- MEDIR, M. (1995): “El Proyecto APQUA. La enseñanza de las Ciencias a partir de temas sociales de actualidad”, *Alambique*, 3, 53-60.
- MEMBIELA, P. (1995): “Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Experimentales”, *Alambique*, 3, 7-11.
- PAREJO, C. (1995): “El Proyecto Ciencia a través de Europa”, *Alambique*, 3, 45-52.
- PENICK, J. E. (1993): “Instrucción en el aula desde un enfoque CTS: nuevas metas requieren nuevos métodos”, en PALACIOS, C.; ANSOLEAGA, D., y AJO, A. (comps.) (1993): *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias*, pp. 439-458. Madrid: CIDE/MEC, Madrid.
- SAN VALERO, C. (1995): “El Proyecto Genoma Humano, sus implicaciones sociales y la Biología de Bachillerato”, *Alambique*, 3, 109-115.
- SOLBES, J. (1990): “Las actitudes”, *Cuadernos de Pedagogía*, 180, 34-36.
- y VILCHES, A. (1995): “El profesorado y las actividades CTS”, *Alambique*, 3, 30-38.
- VÁZQUEZ, A. (1999): “Innovando la enseñanza de las ciencias: El movimiento ciencia-tecnología-sociedad”, *Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats de Balears*, 8, 25-35.

VILCHES, A. (1993): *Las interacciones CTS y la enseñanza de las ciencias físico-químicas*. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Valencia.

WAKS, L. J. (1990a): “Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales”, en MEDINA, M., y SANMARTÍN, J. (eds.) (1990): *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, pp. 42-75. Barcelona: Anthropos.

– (1990b): “El Ciclo de Responsabilidad”, en PEÑA, M. (ed.): *Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad: Teoría y Práctica*, pp. 17-38. Puerto Rico: National STS Network, Universidad de Puerto Rico.

– (1992): “The responsibility spiral: a curriculum framework for STS Education”, *Theory into Practice*, 31(1), 13-19.

– (1996a): “Filosofía de la educación en CTS. Ciclo de responsabilidad y trabajo comunitario”, en ALONSO, A.; AYESTARÁN, I., y URSÚA, N. (Eds.): *Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad*, pp. 19-33. Estella: EVD.

– (1996b): “Las relaciones escuela-comunidad y su influencia en la educación en valores en CTS”, en ALONSO, A.; AYESTARÁN, I., y URSÚA, N. (Eds.): *Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad*, pp. 35-47. Estella: EVD.

4. Educación y tecnologías telemáticas¹

Javier Echeverría

4. 1. Introducción

Las nuevas tecnologías de la información y de las telecomunicaciones (NTIT) posibilitan la creación de un nuevo espacio social para las interrelaciones humanas que propongo denominar *tercer entorno* (E3), para distinguirlo de los entornos naturales (E1) y urbanos (E2). La emergencia de E3 tiene particular importancia para la educación, por tres grandes motivos. En primer lugar, porque posibilita nuevos procesos de aprendizaje y transmisión del conocimiento a través de las redes telemáticas. En segundo lugar, porque para ser activo en el nuevo espacio social se requieren nuevos conocimientos y destrezas que habrán de ser aprendidos en los procesos educativos. En tercer lugar, porque adaptar la escuela, la universidad y la formación al nuevo espacio social requiere crear un nuevo sistema de centros educativos, a distancia y en red, así como nuevos escenarios, instrumentos y métodos para los procesos educativos. Por estas razones básicas, a las que podrían añadirse otras, hay que replantearse profundamente la organización de las actividades educativas, implantando un *nuevo sistema educativo en el tercer entorno*.

El nuevo espacio social tiene una estructura propia, a la que es preciso adaptarse. El espacio telemático, cuyo mejor exponente actual es la red Internet, no es presencial, sino representacional, no es proximal, sino distal, no es sincrónico, sino multicrónico, y no se basa en recintos espaciales con interior, frontera y exterior, sino que depende de redes electrónicas cuyos nodos de interacción pueden estar diseminados por diversos países. De estas y otras propiedades se derivan cambios importantes para las interrelaciones entre los seres humanos, y en particular para los procesos educativos.

Por otra parte, el tercer entorno no sólo es un nuevo medio de información y comunicación, sino también un espacio para la interacción, la memorización, el entretenimiento y la expresión de emociones y sentimientos. Precisamente por ello es un nuevo espacio social, y no simplemente un medio de información o comunicación. Cada vez se requerirá un mayor grado de competencia para actuar eficientemente en E3. Por ello es preciso diseñar nuevos escenarios y acciones educativas, es decir, *proponer una política educativa específica para el tercer entorno*. Aunque el derecho a la educación universal sólo se ha logrado plenamente en algunos países, motivo por el cual hay que seguir desarrollando acciones de alfabetización y educación en el segundo entorno, lo cierto es que la emergencia del tercer entorno exige diseñar nuevas acciones educativas, empezando por los países más avanzados, pero sin olvidar a los países del Tercer Mundo, para

1. Publicado originalmente con el mismo título en la *Revista Iberoamericana de Educación*, n.º 24, 2000, pp. 17-36.

quienes este tipo de política educativa puede ser una de las pocas alternativas efectivas contra la miseria creciente que les amenaza y les destruye.

Este artículo pretende esbozar algunos de los cambios estructurales suscitados por el entorno telemático en algunos escenarios educativos, y trata de suscitar un debate sobre la educación en el tercer entorno. No sólo se trata de transmitir información y conocimientos a través de las NTIT, sino que, además, hay que capacitar a las personas para que puedan actuar competentemente en los diversos escenarios de ese tercer entorno. Por ello, además de aplicar las nuevas tecnologías a la educación, *hay que diseñar ante todo nuevos escenarios educativos donde los estudiantes puedan aprender a moverse e intervenir en el nuevo espacio telemático*. El acceso universal a esos escenarios y la capacitación para utilizar competentemente las nuevas tecnologías se convierten en dos nuevas exigencias emanadas del derecho a que cualquier ser humano reciba una educación adecuada al mundo en el que vive.

4.2. La hipótesis de los tres entornos

Las nuevas tecnologías de la información y de las telecomunicaciones (NTIT) están transformando profundamente las sociedades contemporáneas, y en particular los procesos educativos. Las redes telemáticas tipo Internet son la punta del iceberg de ese cambio social, pero conviene tener en cuenta que hay otras muchas tecnologías coadyuvantes. El teléfono, la televisión (y la radio), el dinero electrónico, las redes telemáticas, las tecnologías multimedia, los videojuegos y la realidad virtual son las siete tecnologías a tener en cuenta. A efectos educativos, las cuatro últimas son las más relevantes, junto a la televisión, cuyos efectos en los procesos educativos han sido ampliamente estudiados (enseñanzas no regladas).

Los pedagogos suelen hablar de educación para los medios, de alfabetización audiovisual y de alfabetización informativa (Tyler, 1998). Siendo cierto que la televisión, los videos, los ordenadores y los soportes multimedia son nuevos medios educativos, a mi modo de ver las NTIT suscitan un cambio que no sólo es de instrumentos docentes, sino que afecta a la estructura del espacio social y educativo. Para reflexionar sobre estas cuestiones propondré una hipótesis general, la *hipótesis de los tres entornos*, expuesta más ampliamente en otro lugar (Echeverría, 1999):

Las NTIT posibilitan la construcción de un nuevo espacio social, el tercer entorno (E3), cuya estructura es muy distinta a la de los entornos naturales (E1) y urbanos (E2) en donde tradicionalmente se ha desarrollado la vida social, y en concreto la educación.

Dicha transformación es lo suficientemente importante como para que pueda ser comparada con las grandes revoluciones técnicas habidas a lo largo de la historia (escritura, imprenta, etc., que también transformaron profundamente la educación). Además, incide sobremanera en todo lo que se refiere al conocimiento humano. Por ello suele hablarse de una sociedad de la información y del conocimiento, denominación ésta que empieza a ser insuficiente, porque la cuestión es si vamos a tener una *sociedad culta y civilizada de la información, o, todavía más, si la sociedad de la información será democrática, justa*, etc. Restringiéndome a las cuestiones educativas, afirmaré que se requieren acciones enérgicas para garantizar el derecho universal a la educación en el nuevo espacio social (Echeverría, 1999: Apéndice). Por ello, más que de una educación para los medios pienso que hay que organizar un sistema educativo en y para el tercer entorno. Las re-

des educativas telemáticas (RETs) son las nuevas unidades básicas de dicho sistema educativo, que incluye el diseño y la construcción de nuevos escenarios educativos, la elaboración de instrumentos educativos electrónicos y la formación de educadores especializados en la enseñanza en el nuevo espacio social. El modo en que se desarrollen los procesos educativos en el espacio electrónico incidirá profundamente en el tipo de sociedad de la información que vayamos a tener. No está claro que dicha sociedad de la información vaya a ser democrática, ni tampoco que vaya a estar basada en el principio de igualdad de oportunidades entre sus ciudadanos. Como veremos al final, hay razones poderosas para pensar lo contrario. Por ello es importante reflexionar a fondo sobre la educación en el espacio telemático, con el fin de promover acciones coherentes para organizar los procesos educativos en el tercer entorno.

Las interrelaciones educativas en E1 y E2 suelen ser presenciales, están basadas en la vecindad o proximidad entre los actores o interlocutores y requieren la coincidencia espacial y temporal de quienes intervienen en ellas. En cambio, el espacio telemático, cuyo mejor exponente actual es la red *Internet*, no es *presencial*, sino *representacional*, no es *proximal*, sino *distal*, no es *sincrónico*, sino *asincrónico*, y no se basa en recintos espaciales con interior, frontera y exterior, sino que depende de redes electrónicas cuyos nodos de interacción pueden estar diseminados por diversos países. De estas y otras propiedades que podríamos señalar² se derivan cambios importantes para las interrelaciones entre los seres humanos, y en particular para los procesos educativos.

Hoy por hoy, las redes telemáticas son la expresión más desarrollada de E3 debido a su carácter multimedia, muy importante a efectos educativos, y al grado de interactividad que están alcanzando progresivamente. Mas no hay que olvidar que han surgido juegos electrónicos (videojuegos), que disponemos de nuevas tecnologías de memorización, archivo y documentación, y que la realidad virtual abre nuevas posibilidades para el desarrollo de procesos perceptivos y sensoriales. Sin olvidar la actual incidencia educativa de la televisión (enseñanzas no regladas, como suele decirse), pienso que hay que prestar especial atención a las redes telemáticas, los videojuegos, las tecnologías multimedia y la realidad virtual, porque abren nuevas posibilidades educativas.

Cuando se habla de la televisión, de los videos y de las redes telemáticas tipo *Internet*, suele decirse que estamos ante nuevos medios de información y comunicación. Eso es cierto, pero resulta insuficiente para analizar su impacto social. Las NTIT no sólo transforman el acceso a la información y a las comunicaciones, sino que también aportan nuevos métodos de memorización, de diversión, de acción y de expresión de las emociones. A través de las redes electrónicas es posible hacer la guerra, invertir, comerciar, teletrabajar, entretenerse, investigar y hacer arte, entre otras muchas cosas. El tercer entorno es un nuevo espacio social porque las actividades sociales más importantes pueden desarrollarse en las redes, no sólo en los campos, casas, oficinas o fábricas. Por ello estamos ante un nuevo espacio social, y no simplemente ante un medio de información y comunicación. A través del teléfono, la televisión, *Internet*, los videojuegos o los cascos de realidad virtual se suscitan emociones y pasiones, en el mejor de los casos interpersonales. La componente emocional del tercer entorno es imprescindible para que los procesos educativos puedan desarrollarse en el nuevo espacio social, porque el aprendizaje tiene indudables factores emocionales y no se limita a ser una transmisión fría de conocimientos. Por otra parte, en el tercer entorno se pueden hacer cosas, y por ello se requieren nuevas habilidades y destrezas.

2. En Echeverría, 1999 (primera parte), se mencionan veinte propiedades estructurales que distinguen E3 de E1 y E2.

La componente práctica del aprendizaje en E3 es tan importante como la obtención de datos e información. Cabe afirmar incluso que lo más urgente es aprender a intervenir en el tercer entorno, más que a buscar información. De ahí que haya que preguntarse cómo se pueden desarrollar los seres humanos en el entorno telemático, en lugar de prestar atención exclusiva a los nuevos artefactos tecnológicos, y cómo usarlos eficientemente.

Al propugnar una política educativa específica para el tercer entorno no se pretende que vaya a sustituir la que ya se lleva a cabo en los pueblos y ciudades actuales. Las escuelas seguirán existiendo. Lo que ocurrirá es que a los centros escolares se les superpondrán redes educativas telemáticas (RETs) a través de las cuales se desarrollarán procesos educativos del tercer entorno, complementarios a los del primero y el segundo. El derecho a la educación universal tiene que ampliarse, porque los espacios sociales se han ampliado. Aunque la educación universal sólo se ha implantado plenamente en algunos países, motivo por el cual hay que seguir desarrollando acciones de alfabetización y educación en el segundo entorno, lo cierto es que la emergencia del tercer entorno exige diseñar nuevas acciones educativas, complementarias a las ya existentes. Ya no basta con enseñar a leer, escribir y hacer cálculos matemáticos, además de introducir conocimientos básicos de historia, literatura, ciencias, etc. Todo ello es necesario y lo seguirá siendo para vivir, trabajar y realizarse en los espacios naturales y urbanos en los que tradicionalmente se ha desarrollado la vida social. Progresivamente, buena parte de la vida social se desplegará en el espacio electrónico y telemático, y por eso es preciso implementar la escuela tradicional con una escuela electrónica, digital y virtual. Siendo altas las tasas de analfabetos funcionales en E1 y E2, sobre todo en los países del Tercer Mundo, la sociedad de la información requiere un nuevo tipo de alfabetización, o, mejor, la adquisición de nuevas habilidades y destrezas para intervenir competentemente en el espacio telemático. La hipótesis de los tres entornos implica la irrupción de un nuevo ámbito social en el que hay que saber moverse y actuar. De ahí la necesidad, común a los diversos países, de plantearse nuevos retos educativos.

4.3. Educación en el tercer entorno y para el tercer entorno

Si aceptamos que las NTIT antes mencionadas generan un nuevo espacio social y no se limitan a ser medios de información y comunicación, las consecuencias que se derivan son muchas. Los seres humanos siempre han educado a sus hijos para el primer entorno, normalmente a través de la familia y de la tribu. Puesto que nuestro primer entorno más cercano es nuestro cuerpo, a un niño hay que enseñarle a comer, a hacer sus necesidades, a limpiarse, a andar, a correr, a saltar, a caerse, a bailar, a nadar, a protegerse del frío, de la lluvia y del calor, a hablar, a cantar, etc., como luego a cazar, a pescar, a cultivar los campos, a cuidar los animales o a practicar un oficio aceptado por la comunidad “natural” a la que pertenece. La lengua materna es el instrumento educativo principal en E1 por lo que respecta a la comunicación, como la tradición oral lo es para la memoria, los juegos y fiestas locales para la diversión y el entretenimiento, los cinco sentidos para los procesos perceptivos, y el cuerpo para ganarse la subsistencia. No hay que olvidar que muchas culturas humanas han subsistido durante siglos orientando sus procesos educativos exclusivamente hacia el primer entorno. Y todavía subsisten.

Con la aparición de las ciudades y los Estados surgió una nueva institución social, la escuela, que reforzó y amplió los procesos educativos antes mencionados, pero también introdujo otros nuevos orientados a formar a los alumnos para el segundo entorno, es decir, para poder actuar eficien-

temente en los ámbitos urbanos³. Ello implica enseñar a leer, a escribir, a contar, a comportarse en grupo, a respetar las normas sociales, a moverse por una ciudad. En último término, se trata de transmitir aquellos conocimientos que permitan a los estudiantes actuar eficientemente en los diversos escenarios urbanos, y en concreto a ganarse la vida en ellos (tener un oficio y un puesto de trabajo en la ciudad). En el segundo entorno, la escritura es el nuevo gran instrumento educativo, por su enorme potencialidad para comunicarse, para memorizar y para transmitir información y conocimiento (ciencias, artes...). Pero también hay que asimilar los juegos y diversiones propios de la ciudad, así como modificar numerosos procesos perceptivos, que pasan a depender de los códigos simbólicos que estructuran la vida urbana (normas de circulación, señales, leyes, regulaciones económicas, sistemas de nombres propios, etc.). Este tipo de educación se imparte al principio para las clases pudientes, pero a partir de la Revolución francesa comienza a ser un derecho universal para todos los ciudadanos de un país, siendo el Estado quien asume la responsabilidad de organizar y mantener los diversos sistemas educativos (preescolar, primaria, secundaria, formación profesional, enseñanza universitaria, etc.). Aunque hay instituciones privadas, ante todo religiosas, que toman a su cargo algunas fases de la educación, por lo general el principal agente educativo es el Estado, que es quien promulga y desarrolla el principio constitucional del derecho universal a la educación. Podrá parecer una trivialidad, pero es importante subrayar que aunque en el segundo entorno haya habido diferentes iniciativas educativas, en particular la iniciativa religiosa, *hablar del derecho a la educación implica situarnos en un marco estatal*, es decir, en el corazón del segundo entorno, puesto que el Estado-Nación es la forma social predominante en dicho espacio social. La educación reglada está estatalmente reglada.

Mas no hay que olvidar que en el segundo entorno hay otro gran agente educativo, aparte de la familia, la escuela y el Estado, que es la calle. Muchos niños y niñas han aprendido mucho más en las calles de las ciudades que en sus casas o en sus escuelas. El principal imperativo del derecho estatal a la educación reglada consiste en sacar a los niños de sus casas y de las calles durante unas cuantas horas diarias, trasladándolos a escenarios especialmente diseñados para desarrollar en ellos procesos educativos: aulas, patios de colegio, bibliotecas, museos, etc. Esta es la acción ilustrada por excelencia, que desarrolla el derecho a la educación con base en el principio de igualdad de oportunidades, llegando a considerar como un delito que las familias no lleven a sus hijos a la escuela obligatoria. Dicho de otra manera, el derecho a la educación no sólo es un derecho. En el segundo entorno, e incluso en el primero, también es una obligación.

Con la emergencia del tercer entorno las cosas cambian radicalmente, porque en E3 surgen nuevas modalidades de naturaleza (la telenaturaleza), de calle (las telecalles), de juegos (los videojuegos e infojuegos), de memoria (la memoria digital multimedia), de percepción (sobre todo audiovisual) e incluso de casa (la telecasa)⁴. En esos nuevos escenarios se aprenden muchas cosas y por ello los jóvenes se dedican a ver la televisión, a jugar con videojuegos y a navegar por *Internet* para aprender y curiosar. Es decir, en la situación actual los niños y niñas vagan libremente por los nuevos escenarios telemáticos, aprendiendo exclusivamente en las calles y plazas del tercer entorno (cadenas de televisión, páginas *Web*, *chats*, etc.). Las escuelas están tardando en adaptarse al nuevo espacio social y los Estados no lo controlan, pese a que el crecimiento del tercer entorno es vertiginoso en otros sectores de la acción social (guerra, banca, investigación cien-

3. Obviamente no sólo la escuela sino muchas instituciones educativas (universidades, academias, colegios, centros de formación, etc.). Consideraremos a la escuela como el canon de las instituciones educativas de E2.

4. Para una ampliación del significado de esas nociones, ver Echeverría 1994, 1995 y 1999.

tífica, comercio electrónico, espectáculos, etc.). Sólo en los últimos años algunos Estados desarrollados han empezado a diseñar planes educativos para el tercer entorno, que todavía no son operativos, o lo son para muy poca gente (experiencias piloto). En general cabe decir que *el derecho a la educación basado en el principio de igualdad de oportunidades no existe en el tercer entorno* y que los niños y niñas son autodidactas en E3, es decir, aprenden informalmente lo que buena mente pueden en las calles y plazas de E3 (televisión, videojuegos, *Internet*, etc.).

En el nuevo espacio social todavía no hay escenarios específicamente diseñados para la educación, o son muy pocos. Es una de las tareas que debe hacerse, aunque no la única. Además de crear los escenarios telemáticos educativos (aulas virtuales, escuelas y universidades electrónicas, Intranets para la educación, programas televisivos específicos, videojuegos homologados y adecuados a las edades, etc.), hay una enorme labor de formación de agentes educativos por llevar a cabo. No hay que olvidar que la gran mayoría de los maestros y profesores son (somos) analfabetos funcionales en el nuevo espacio social, ni que la didáctica del tercer entorno todavía no ha dado sus primeros pasos. Otro tanto cabe decir de la organización de centros educativos en E3, de la creación de redes educativas, de la evaluación de resultados, medios docentes, profesores e instituciones, etc. Las tareas que hay que llevar a cabo son muchas y el orden en que se hagan es muy relevante⁵. Pero todavía más importante es dilucidar quién va a ser el agente social para esa política educativa en el tercer entorno. Como trataré de mostrar al final, éste es uno de los puntos cruciales que se debe resolver: *quién educa en E3 y para E3*.

Concluiré este apartado diciendo que la emergencia del tercer entorno supone una *ampliación o expansión de la realidad*. Así como las ciudades, las urbes y los Estados generaron nuevas formas de realidad social, así también el tercer entorno está creando nuevos escenarios y posibilidades que son plenamente reales por su impacto sobre la sociedad y sobre las personas, aun cuando se produzcan en un medio que no es físico y corporal, sino electrónico y *representacional*. Hay que ampliar y expandir el derecho a la educación, proyectándolo hacia el tercer entorno. Veamos de qué manera se puede hacer esto, empezando por los escenarios educativos, y dejando las restantes tareas para contribuciones ulteriores.

4.4. Escenarios educativos en el tercer entorno

Puesto que la estructura espacial de E3 es muy distinta a la de los entornos naturales y urbanos tradicionales, me ocuparé ante todo de analizar algunos nuevos escenarios educativos de E3, sin perjuicio de que los agentes, los contenidos y los métodos educativos y la organización de centros también tienen que cambiar, no sólo los escenarios. La modificación de la actividad educativa en E3 es tan profunda que, centrándonos exclusivamente en los escenarios, podemos hacernos una idea bastante precisa de los principales problemas suscitados por E3 a la educación.

Como mínimo, conviene distinguir entre escenarios para el estudio, la investigación, la docencia, la interrelación y la diversión. Dado el alto nivel de imbricación de la comunidad científica en las redes telemáticas por lo que respecta a la investigación⁶, no me ocuparé de la actividad in-

5. Ver al respecto el Apéndice “Quince propuestas para una política educativa en el tercer entorno” en mi libro *Los Señores del Aire*.

6. Baste recordar que el actual World Wide Web fue creado en el CERN europeo para interconectar a sus investigadores, del mismo modo que Arpanet enlazó entre sí universidades y oficinas gubernamentales en EE.UU.

investigadora, centrándome únicamente en los otros cuatro tipos de escenarios. Mas no hay que olvidar que el derecho a investigar en el tercer entorno no es menos importante que el derecho a educar en el nuevo espacio social.

4.4.1. Escenarios para el estudio

El pupitre y la mesa de trabajo tienen una nueva expresión en el tercer entorno: son la pantalla del ordenador (computadora) y la consola con sus diversos aparatos periféricos. Si llamamos *telepupitre* a ese nuevo escenario educativo, lo más novedoso es su ubicación. El telepupitre puede ser portátil y estar conectado a una red telemática educativa. Se puede acceder a él desde la casa, desde la escuela o desde cualquier otro lugar físico, de manera que siempre está disponible para su utilización. La jornada escolar deja de ser un intervalo temporal rígido, o, lo que es lo mismo, la teleescuela siempre está abierta. Ello implica un cambio muy importante en los hábitos educativos. Por otra parte, los materiales educativos cambian por completo. En lugar del lápiz, el cuaderno, los lápices de colores, la mochila, los mapas y los libros de texto, el actual utillaje educativo de E3 está formado por la pantalla, el ratón, el teclado, el ordenador multimedia, la paleta electrónica, el *software* y los videojuegos. El niño y la niña han de aprender a manejar estos nuevos instrumentos y los creadores de materiales educativos han de saber plasmar el conocimiento y las destrezas en los nuevos soportes. En la teleescuela próxima se estudiará ante la pantalla del ordenador (computadora) y con el CDI de física, matemáticas, ciencias naturales o lenguas. La naturaleza deviene telenaturaleza (programas televisivos sobre animales, plantas, geografía, cosmología, etc.) y puede ser contemplada con una minuciosidad desconocida hasta ahora. Otro tanto cabe decir de las bibliotecas, los museos, las ciudades digitales o los nuevos paisajes virtuales. Los escenarios para el estudio cambian por completo. En las mochilas de los estudiantes habrán de caber los ordenadores portátiles, los CD-Rom y los CDI, y para ello habrá que diseñar ordenadores específicos para usos educativos (*infomochilas*), que puedan conectarse a las redes educativas telemáticas, pero no a todo Internet. Así como los teléfonos móviles permiten que los ejecutivos se conecten a *Internet* para sus negocios y relaciones profesionales, así también habrá que inventar mochilas electrónicas para la teleescuela y las aulas virtuales.

4.4.2. Escenarios para la docencia

Son las aulas o campus virtuales, a cuyos escenarios se accede conectándose a una red educativa telemática. Aparte de ser aulas distales, lo más notable es que dejan de ser recintos con interior, frontera y exterior, convirtiéndose en redes telemáticas en las que se desarrollan las diversas acciones educativas. El teletutor, por ejemplo, puede proponer una serie de problemas previamente diseñados, controlar a distancia lo que hacen los alumnos en su telepupitre escolar o doméstico, corregirles interviniendo en su pantalla, sugerirles ideas, motivarles, etc., pero todo ello en un nuevo medio que no es físico, sino electrónico. Incentivar el trabajo en equipo en el nuevo entorno telemático es uno de los mayores problemas de la actividad docente.

Al respecto, la aparición de un nuevo lenguaje en *Internet*, el VRML (Marc Pesce, 1995), tiene gran importancia. Por decirlo brevemente, dicho lenguaje permite generar escenarios virtuales en donde interactúan muñecos digitales (los *avatares*) telecomandados por personas, pudiendo moverse, acercarse, gesticular, intercambiar objetos digitales (ficheros, mensajes), etc.

Un aula de E3 no tiene por qué ser una videoconferencia ni depender de las cámaras de video conectadas a Internet para transmitir imágenes corporales. Mucho más interesante desde un punto de vista educativo será crear esa especie de teatros del tercer entorno, de modo que los alumnos y los maestros interactúen a través de sus respectivos telecuerpos o cuerpos electrónicos (*avatares*), lo que les permitirá aprender a moverse y a comportarse en los escenarios del tercer entorno⁷.

4.4.3. Escenarios para la interrelación

Así como los niños y niñas se juntan en rincones, pasillos o escenarios educativos específicos (teatros, clases prácticas, cines, aulas de expresión corporal, bibliotecas, etc.), así también las escuelas del tercer entorno habrán de construir los escenarios electrónicos correspondientes, sea mediante las tecnologías de lugares virtuales recién mencionadas, sea mediante otras que puedan surgir en los próximos años. Pese a algunas limitaciones importantes, los procesos de socialización también pueden desarrollarse en el tercer entorno. Enseñarles a diseñar su propia imagen digital, a moverse, a dirigirse a otras personas en las escuelas virtuales, a respetar las normas de la cibercortesía, etc., pasan a ser otros tantos objetivos de la acción educativa, porque todo ello implica aprender los códigos que rigen (o regirán) la vida social en el tercer entorno. Como en los casos anteriores, estos escenarios son distales, reticulares, no presenciales, multicrónicos, etc. Es decir, poseen algunas o todas las propiedades que definen al tercer entorno como espacio social específico⁸.

Lo anterior vale para los diversos niveles educativos. Algunas universidades ya han comenzado a desarrollar sistemas de telenseñanza (campus virtuales) que han de ser considerados como complementarios a los ya existentes en E1 y E2. En esos campus virtuales se insiste ante todo en el estudio y en la transmisión de conocimientos. Sin embargo, igual de importantes son los escenarios electrónicos en los que pudiera desarrollarse una vida universitaria (actividades comunes, telerreuniones, trabajo en equipo, etc.). Aquellos campus virtuales que sepan ofrecer las múltiples facetas de la vida universitaria, y no sólo la relación docente, tendrán un éxito mayor.

4.4.4. Escenarios para el juego y el entretenimiento

Si pensamos en la enseñanza primaria y secundaria, conviene recalcar la enorme importancia que tiene otro tipo de escenarios, a los que genéricamente denominaremos *patio de colegio*. Allí se juega a diversas cosas, unas organizadas, otras improvisadas. También se charla, se hacen bromas y travesuras; en suma, los niños se divierten. Crear este tipo de escenarios en las instituciones educativas del tercer entorno es indispensable si de verdad se quiere crear un sistema educativo y no simplemente una academia a distancia. Por tanto, las enseñanzas no universitarias han de acometer la construcción de colegios e institutos que tengan telepatios electrónicos, sin perjuicio de que los chicos vayan además a los cibercafés ciudadanos y a los locales de videojuegos (teleplazas). Incluso es probable que la creación de estos nuevos escenarios educativos sea

7. Ver al respecto el libro de Bruce Damer, *Avatars! Exploring and Building Virtual Worlds on the Internet*, Berkeley, CA, Peachpit Press, 1998.

8. Echeverría, J., 1999, parte I, donde se distinguen veinte notas diferenciales del nuevo espacio social.

todavía más urgente que la construcción de campus universitarios virtuales. En este caso, la adaptación a E3 de las actividades lúdicas de los colegios y escuelas tiene tanta importancia (o más) que la creación de aulas electrónicas. El *telepatio de colegio* ha de ser diseñado con extremo cuidado, porque buena parte de los procesos de socialización y de adaptación real al nuevo espacio telemático tendrá lugar en esos ámbitos, que han de ser netamente interactivos y deben propiciar la invención y la creatividad.

En resumen, se trata de transferir a E3 los diversos escenarios educativos, adaptándolos a la estructura del nuevo espacio social, así como de crear otros nuevos (musicales, cinematográficos, televisivos, etc.). Es importante construir aulas *distales*, pero no se trata sólo de eso⁹. Las salas de juego (o de baile), las bibliotecas, los despachos de los profesores y maestros y los lugares de reunión y distensión también han de ser *distales*, electrónicos, virtuales, digitales o como se quiera decir. Bien entendido que estos nuevos escenarios no suponen la desaparición de los escenarios educativos clásicos. Así como E3 se superpone a E1 y a E2, así también las aulas y escenarios virtuales se han de superponer a las de E1 o E2. Como dijimos antes, se trata de expandir la escuela al tercer entorno, no de eliminar la escuela actual.

4.5. Algunas acciones educativas en el tercer entorno

Implantar la telescuela equivale a generar escenarios y redes en E3 cuyas funciones sean básicamente educativas. Ello implica varias transformaciones, por ejemplo:

Que determinados programas televisivos diseñados por pedagogos y expertos en las diversas disciplinas formen parte del horario escolar, independientemente de que sean vistos en la escuela o en casa. Esto ya se hace en cierta medida, pero de manera no programada ni reglada. Sacar a los niños de las plazas y calles de Telépolis y llevarlos a la telescuela implica crear en el espacio telemático y televisivo una serie de infolocales cuyos contenidos y actividades multimedia sean adecuados a la edad, a la lengua y al nivel de conocimientos y habilidades de los chicos. Se trata, en suma, de instituir una telescuela que incluya unos deberes para hacer en casa (ver la televisión, pero determinados programas; navegar por *Internet*, pero visitando determinadas direcciones *Web*; jugar con videojuegos, pero ante todo con aquellos homologados por su valor educativo, etc.), en lugar de dejar que los niños y niñas pululen libremente por el espacio telemático, y en particular por las plazas y calles donde abunda la violencia, la pornografía y la explotación publicitaria, etc., como ahora sucede.

Estos nuevos materiales docentes, telemáticos y multimedia, habrían de ser elaborados por los mejores especialistas en ciencias y humanidades, pero contando con la colaboración de los/as mejores escritores/as electrónicos, es decir: los expertos en diseño gráfico, en sintetización multimedia, en análisis de imágenes y sonidos, etc. Así como la Revolución francesa llamó a sus mejores intelectuales y científicos para elaborar los nuevos materiales educativos, así también hay que poner a trabajar conjuntamente a expertos en cine, música, publicidad, hipertexto, etc. con especialistas en las diversas disciplinas científicas, técnicas y humanísticas, con el fin de generar los materiales educativos adecuados para el espacio telemático, y no sólo para el aula presencial.

9. Para una exposición más amplia de lo que entiendo por aula distal, ver J. Echeverría: "La escuela distal", *Comunicar* 10 (marzo 1998), pp. 27-31.

Aparte de alfabetizar a los chicos para el entorno urbano, hay que alfanumerizarlos para el entorno telemático. Ello implica, por ejemplo, que sepan analizar y construir imágenes visuales y sonoras transmisibles por vía telemática o televisiva, de modo que puedan leerlas, escribirlas y componerlas, y no sólo verlas y escucharlas, como ahora sucede entre los analfanuméricos, que somos la gran mayoría. También se requiere graduar los contenidos educativos multimedia, adecuándolos a las edades y a las diferencias culturales y sociales, en lugar de ofrecer ese maremágnum de oferta audiovisual que actualmente existe en las plazas y calles de Telépolis. Construir las telescuelas de E3 conlleva generar sitios (sites) específicos para cada materia y para cada nivel educativo.

Por supuesto, es necesario formar a los profesores que ejercerán como teletutores o como telenseñantes, introduciendo nuevas materias en las escuelas de magisterio y llevando a cabo cursos de reciclaje para los actuales enseñantes. Esta es una de las primeras acciones a acometer, conjuntamente con la elaboración de los nuevos materiales docentes para el entorno electrónico y digital.

Dicho en términos generales, se requiere toda una política teleducativa, y no sólo una política educativa. La tarea es ingente, pero la institución de los actuales sistemas educativos en aquellos países en donde existen y funcionan desde hace décadas no lo fue menos.

4.6. Problemas del derecho a la educación en E3

Los párrafos anteriores sugieren una serie de acciones para desarrollar la educación en E3, y no simplemente para utilizar las NTIT como herramientas para mejorar la educación en E2 y en E1, como hasta ahora han sido consideradas. Al proponer la ampliación del sistema para educar en E3 y para E3, no sólo para E2 o E1, la perspectiva general cambia por completo y los problemas y dificultades surgen en cascada. Hay problemas tecnológicos, económicos, de formación de recursos humanos, de elaboración de nuevos materiales docentes, de formación de usuarios, de creación y organización de redes educativas telemáticas, etc. Pero, a mi modo de ver, hay problemas más hondos y graves que todos éstos, con ser numerosos e importantes. Para finalizar esta contribución quiero insistir en algunos de ellos, que ya han sido mencionados de pasada en los apartados precedentes.

El primero y fundamental atañe al agente educativo que ha de promover, organizar y desarrollar el conjunto de actuaciones antes esbozado. Como vimos en el epígrafe 2, los principales escenarios y agentes educativos en E1 (familia, tribu) y en E2 (escuela, Estado) están claros. Mas, ¿qué decir en E3? Suponiendo que alguien pretenda reactualizar el programa ilustrado sacando a los niños y niñas de las telecalles, teleplazas y telecasas de E3 y llevándolos a las telescuelas, ¿quién ha de ser ese agente social? Dicho en otros términos: ¿quién va a proclamar y a desarrollar ese derecho a recibir educación, y no simplemente información en el tercer entorno?

Parecería que habría de ser el Estado, que es el principal agente educativo del segundo entorno. Sin embargo, hay argumentos estructurales que ponen en duda esa posibilidad, y los hechos confirman que los Estados tienen tremendas dificultades para adaptarse a la estructura del nuevo espacio social. Ello se debe a que el Estado es una forma social basada en la territorialidad, mientras que el tercer entorno es un espacio transterritorial, que desborda las fronteras geográficas y políticas, o puede hacerlo.

Muchas grandes empresas están desarrollando programas de teleformación. Diversas universidades, como la de Princeton, están creando campus virtuales, y han surgido universidades específicas del tercer entorno, como la Oberta de Catalunya o el Instituto Tecnológico de Monterrey en México. Durante los próximos años proliferarán iniciativas de este tipo y no cabe duda de que otra clase de agentes sociales (organizaciones religiosas, instituciones internacionales o plurinacionales —como la UE—, empresas multimedia, etc.) se incorporarán al proceso de creación de escenarios educativos en E3. Sin embargo, todas esas instituciones y corporaciones ofrecerán oportunidades para educarse en y para E3, en función de sus propios criterios, intereses y sistemas de valores. Lo que no es previsible es que algún agente *infosocial* (es decir, de la sociedad de la información) vaya a proclamar el derecho a la educación, y mucho menos el derecho universal a la educación en el tercer entorno. Las razones para esta previsión pesimista son varias, y entre ellas mencionaré las siguientes:

Por sus propiedades estructurales, el tercer entorno es transnacional, es decir, desborda las fronteras y las jurisdicciones de los Estados. Los sistemas educativos de E1 y E2 han sido locales o nacionales, y aunque existen instituciones educativas internacionales, como la UNESCO, lo cierto es que no hay un sistema educativo internacional propiamente dicho, ni parece claro que pueda haberlo en un futuro inmediato, dadas las competencias jurisdiccionales de cada Estado en su territorio constitucional. Dicho en términos simples: el tercer entorno desborda fácilmente las fronteras y tiende a lo global, los Estados no. No hay un Estado global en perspectiva.

Eso nos lleva a considerar el derecho a la educación en un marco global, en el que las redes telemáticas educativas pudieran ser de ámbito global. Para ello, es imprescindible constituir un sector educativo en E3 (red de redes educativas, cuyo precedente actual son las direcciones ‘.edu’ de la WWW). Las redes educativas telemáticas (RETs) podrían ser locales, regionales, nacionales, lingüísticas, temáticas, públicas o privadas, pero lo importante es que estuvieran interconectadas entre sí y que hubiera una regulación específica para esa zona del tercer entorno, muy distinta a la zona comercial, a la militar, a la financiera o a los demás barrios de la ciudad global en E3, a la que he propuesto denominar Telépolis. Esta estructura no implicaría aún un derecho a la educación, por ausencia en E3 de una autoridad pública que afirmara y garantizara tal derecho, pero al menos sería un camino en esa dirección. El problema consiste en la dependencia de estas RETs con respecto a las instituciones y corporaciones del segundo entorno que las promoverían. La proliferación y descoordinación de iniciativas es uno de los riesgos a contemplar.

Estas RETs podrían surgir (de hecho ya las hay) con base en diversas iniciativas: empresas-red (Castells), colectivos de usuarios de los servicios telemáticos, autoridades locales, regionales, nacionales o supranacionales de E2 (Unión Europea, OIE, UNESCO, etc.), organizaciones religiosas, instituciones científicas (universidades virtuales), etc. En lugar de pensar en un único sistema educativo, los sistemas educativos del tercer entorno habrán de ser reticulares, y por ende plurales. No se trata de reproducir el modelo de los sistemas educativos en los Estados-Nación, porque el tercer entorno tiene una estructura distinta (reticular, *distal*, transnacional, global) a la de los espacios-territorio que caracterizan a E1 y a E2.

El punto anterior muestra que la hipótesis del tercer entorno permite pensar una sociedad global, pero no en términos de globalización, sino de interdependencia y ayuntamiento de redes. Partiendo de ese fundamento plural se irían produciendo procesos de fusión entre RETs, por ejemplo basándose en criterios lingüísticos, culturales, profesionales, o simplemente de edad. En

cualquier caso, la estructuración progresiva de la red de RETs sería una fase ulterior. Lo importante es que aquí y allá vayan surgiendo RETs, respetando siempre la posibilidad de interconectarse y de transferir conocimientos y experiencias entre sí.

No hay que olvidar que en los últimos años se ha iniciado una dura lucha por el poder en el *tercer entorno*. Como ya hemos expuesto en otro lugar, E3 no está dominado por los Estados, sino por grandes empresas transnacionales de teleservicios a las que hemos denominado *Señores del Aire*¹⁰. Tampoco se puede descartar que algunas de estas grandes empresas generen su propio sistema educativo partiendo de los servicios de teleformación con los que ya cuentan. Tendríamos así un remedo de las escuelas ducales o condales de la época medieval, en cada una de las cuales se utilizaría una determinada lengua (informática, en este caso) y se usarían los instrumentos educativos generados por la empresa transnacional correspondiente. Pero tampoco cabría hablar de un derecho a la educación, sino de una posibilidad abierta para los televasallos del correspondiente señor del aire.

Podríamos profundizar en nuestra propuesta, pero por el momento puede quedar así¹¹. El trabajo teórico ha de ir estrechamente vinculado a los desarrollos efectivos que van produciéndose en el tercer entorno. Estando las redes educativas telemáticas en un estado embrionario, se trata de marcar una dirección más que de indicar pautas concretas de acción.

Referencias bibliográficas

- BECK, U.: *¿Qué es la globalización?*, Barcelona, Paidós, 1997.
- BILBENY, N.: *Revolución en la ética*, Barcelona, Anagrama, 1997.
- BUSTAMANTE, J.: *Sociedad informatizada, ¿sociedad deshumanizada?*, Madrid, Nueva Ciencia, 1993.
- CARPENTER, E., y MCLUHAN, M. (eds.): *El aula sin muros. Investigaciones sobre técnicas de comunicación*, Barcelona, Ed. de Cultura Popular, 1968.
- CASTELLS, M.: *La era de la información*, 3 vols., Madrid, Alianza, 1996-98.
- CHOMSKY, N., y DIETERICH, H.: *La aldea global*, Tafalla, Txalaparta, 1997.
- DERY, M.: *Velocidad de escape. La cibercultura en el final de siglo*, Madrid, Siruela, 1998.
- DOHENY-FARINA, S.: *The Wired Neighborhood*, Yale, Yale Univ. Press, 1996.
- ECHEVERRÍA, J.: *Telépolis*, Barcelona, Destino, 1994.
- *Cosmopolitas domésticos*, Barcelona, Anagrama, 1995.
- *Los Señores del Aire: Telépolis y el Tercer Entorno*, Barcelona, Destino, 1999.
- GRAY, C. H. (ed.): *The Cyborg Handbook*, Nueva York y Londres, Routledge, 1995.
- GUBERN, R.: *El Eros electrónico*, Madrid, Taurus, 2000.
- KERCKHOVE, D. DE: *La Piel de la Cultura*, Barcelona, Gedisa, 1998.
- *Mentes interconectadas*, Barcelona, Gedisa, 1999.
- LANHAM, R. A.: *The Electronic Word*, Chicago, Univ. of Chicago Press, 1993.
- LYON, D.: *El ojo electrónico*, Madrid, Alianza, 1995.
- MALDONADO, T.: *Crítica de la razón informática*, Barcelona, Paidós, 1998.

10. Echeverría, 1999, tercera parte.

11. Para un mayor desarrollo de estas ideas ver la obra ya mencionada, Echeverría, 1999, y, en particular, el apartado 2.8 y el apéndice.

- MASTERMAN, L.: *Teaching the Media*, Londres, Comedia Press, 1988.
- MCLUHAN, M.: *La Galaxia Gutenberg*, Barcelona, Círculo de Lectores, 1998.
- y POWERS, B. R.: *La aldea global*, Barcelona, Gedisa, 1990.
- MILLER, S. E.: *Civilizing Cyberspace*, Reading, Mass., 1996.
- MITCHELL, W. J.: *City of Bits*, Cambridge, Mass., MIT, 1995.
- *E-topía*, Cambridge, Mass., MIT, 1998.
- NEGROPONTE, N.: *El mundo digital*, Barcelona, Ediciones B, 1995.
- RAMONET, I. (ed.): *Internet, el mundo que llega*, Madrid, Alianza, 1998.
- RHEINGOLD, H.: *The Virtual Community*, Reading, Addison-Wesley, 1993.
- SARTORI, G.: *Homo videns*, Madrid, Taurus, 1998.
- SHIELDS, R. (ed.): *Cultures of Internet*, Londres, SAGE, 1996.
- TOFFLER, A.: *The Third Wave*, Londres, W. Collins, 1980.
- TREJO, R.: *La nueva alfombra mágica. Usos y mitos de Internet, la red de redes*, Madrid, Fundesco, 1996.
- TYLER, K.: *Literacy in a digital world: Teaching and Learning in the Age of Information*, Mahwah, N. J., Lawrence Erlbaum Associates, 1998.
- VIRILIO, P.: *El ciber mundo, la política de lo peor*, Madrid, Cátedra, 1997.

5. La participación pública en sistemas tecnológicos: lecciones para la educación CTS¹

Carlos Osorio

En las últimas décadas y como resultado de la evolución de las políticas públicas en ciencia y tecnología, se ha venido hablando sobre participación pública en ciencia y tecnología. Según Renn, Webler y Wiedemann (1995) la participación pública se refiere a espacios organizados para intercambiar propósitos que faciliten la comunicación entre el gobierno y una diversidad de grupos sociales (incluido el público involucrado y directamente afectado, como la comunidad científica e ingenieril), en función de una decisión específica o problema a considerar. La participación pública implica una cantidad equivalente de participantes con sus formas de pensar y una orientación enfocada a resolver problemas de forma consensuada.

El presente artículo muestra brevemente algunos de los resultados de un proyecto de investigación en el que se ha partido de las experiencias de participación pública en ciencia y tecnología en el contexto internacional, con el fin de analizar casos específicos de participación pública en el ámbito colombiano, en particular los llevados a cabo en sistemas tecnológicos de agua potable, agricultura y salud, de tal forma que pudieran ser valorados para implementar procesos formativos de educación CTS².

El proyecto generó dos tipos de productos. Por un lado, un Disco Compacto que contiene una estrategia de aprendizaje sobre la relación Tecnología-Sociedad, para docentes y alumnos del nivel de la básica secundaria y media, como parte del componente formativo de Educación en Tecnología de acuerdo con los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia³. Y de otro lado, la elaboración de un Manual de educación CTS para estudiantes de las facultades de ingeniería.

El estudio de la participación pública en cuestiones de ciencia y tecnología, contribuyó a consolidar los objetivos de la educación CTS vinculados al proceso de elaboración de ambos produc-

1. Publicado originalmente con el mismo título en la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, n.º 6, vol. 2, diciembre de 2005, pp. 159-172.

2. El proyecto “La participación pública en los sistemas tecnológicos: lecciones y experiencias para la educación en tecnología con enfoque en Ciencia, Tecnología y Sociedad”, se realizó gracias al apoyo de Colciencias, con la colaboración de la Universidad del Valle y la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura —OEL.

3. Al respecto hemos propuesto un eje de trabajo que permite el diseño curricular del componente “Tecnología y Sociedad”, a través de la relación Conceptos-Contextos-Temas; dicho eje se ha estructurado en una guía para el docente y otra para el alumno. En el caso de los alumnos, mediante el diseño de 13 talleres en los temas de agua potable, salud y agricultura, en contextos locales. Todos estos talleres plantean didácticas enfocadas a la participación pública, las didácticas son: Dilemas éticos; la Investigación Monográfica y el Análisis de Lecturas; Análisis de Situaciones y Comprensión Sistémica; el Portafolio-Didáctica de los Medios; los Grupos de Discusión; la Mediación; y el Caso Simulado.

tos. Y facilitó el conocimiento de otros enfoques de participación pública susceptibles de ser aplicados en procesos educativos. Nos referimos con ello al uso de modelos como la Mediación y los Grupos Focales, siendo el primero de uso corriente en resolución de conflictos⁴.

El abordaje de la participación pública en didácticas específicas de trabajo en temas de agua potable, salud y agricultura del contexto local (ciudad de Cali) y regional (Valle del Cauca) en Colombia, ha partido de los sistemas tecnológicos como unidad de análisis. Esta unidad de análisis en sistemas tecnológicos puntuales, se ha tenido en cuenta en los dos productos del proyecto.

En el presente artículo sólo nos vamos a referir al Manual de Educación CTS para estudiantes de ingeniería. Veremos en primer lugar, una breve referencia al concepto de sistema tecnológico, sobre la base de tres grandes enfoques, a pesar de que en este proyecto hemos revisado otros enfoques sobre la comprensión sistémica de la tecnología.

Luego abordaremos la participación pública. La participación pública en ciencia y tecnología incluye hoy en día una diversidad de formas probadas en numerosos países. Entre tales modelos se pueden contar: las audiencias públicas, las reuniones públicas, los grupos focales, las encuestas, los comités asesores de ciudadanos, los referendos, la negociación, los congresos de consenso, la mediación, entre otros (Renn, Webler y Wiedemann, 1995; López y González, 2002). Sin embargo, también en este caso, mostraremos las características de dos de estas modalidades como son los grupos focales y la mediación, pero desde una perspectiva didáctica en el apartado final de este trabajo.

5.1. El Concepto de Sistema Tecnológico

El sistema tecnológico constituye una unidad apropiada para el aprendizaje de los temas relacionados con la educación para la participación pública, como parte de la educación en ingeniería, desde los enfoques en ciencia, tecnología y sociedad. El concepto de sistema es afín a los procesos en educación en ingeniería, hace parte de la práctica de la ingeniería desde los años 50, inicialmente como un desarrollo de pasos de investigación (Checkland, 1981). No obstante dicha tradición, implícita en la formación de los ingenieros, hemos usado para el proyecto otro recurso de análisis, concentrado en la presentación de los sistemas tecnológicos desde posturas sociológicas e históricas, que permitan ver la articulación entre la tecnología y la sociedad. Veamos entonces tres maneras de entender los sistemas tecnológicos.

5.1.1. El sistema tecnológico como un sistema de acciones

Comencemos con el que nos presenta Quintanilla (1998). En este caso, la tecnología sería un sistema de acciones intencionalmente orientado a la transformación de objetos concretos para conseguir de forma eficiente un resultado que se considera valioso (Quintanilla, 1988). Insiste, en

4. En América Latina se cuenta hoy día con una importante experiencia de educación CTS, a través de Casos Simulados. Éstos, elaborados por el Grupo Argo de España, han sido experimentados en numerosas aulas de Iberoamérica por más de 1000 docentes de educación secundaria y media, gracias al proceso formativo que ha adelantado la OEL, a través del "Curso sobre el Enfoque CTS en la Enseñanza de las Ciencias". Los casos simulados guardan una cierta relación con uno de los modelos de participación pública más exitosos en diversos países de Europa y recientemente en Iberoamérica como son los Congresos de Consenso.

que cualquier realización técnica concreta, independientemente de su magnitud y complejidad, presenta esa doble dimensión, física y social, de artefactos y de organizaciones, que obviamente es más visible en los grandes sistemas tecnológicos. Sobre la base de esta consideración, un sistema tecnológico sería un dispositivo complejo, compuesto de entidades físicas y de agentes humanos cuya función es transformar algún tipo de cosas para obtener resultados característicos del sistema.

En un trabajo posterior, Quintanilla (1998) precisa la caracterización del sistema técnico a partir de componentes, estructuras y objetivos. Veamos esta propuesta, contextualizándola en un sistema de agua potable:

- *Componentes materiales:* Se trata de las materias primas que se utilizan y se transforman en el sistema (las fuentes de recursos hídricos, en el caso de un sistema de agua); la energía que se emplea para las operaciones del sistema; y el equipamiento, es decir, los componentes técnicos del propio sistema (las estaciones y acueductos, las redes de distribución de agua, etc.).
- *Componentes intencionales o agentes:* La diferencia principal entre un artefacto y un sistema técnico es que el sistema requiere la actuación de agentes intencionales (un acueducto local sin operarios que lo hagan funcionar y controlen su funcionamiento no sería un sistema técnico). Los agentes de un sistema son generalmente individuos humanos, caracterizados por sus habilidades, sus conocimientos y valores ... y que actúan bien sea como usuarios (que es cuando ejercen su derecho a la participación pública), como operadores manuales o como controladores o gestores del sistema. En sistemas complejos estas funciones pueden ser ejercidas por individuos diferentes, pero también es posible que varias de esas funciones las ejerza la misma persona e incluso es posible que parte de ellas sean transferidas a mecanismos de control automático.
- *La estructura del sistema:* Esta definida por las relaciones o interacciones que se producen entre los componentes del sistema. Se distinguen dos tipos: relaciones de transformación y relaciones de gestión. Entre las primeras estarían los procesos físicos que se producen en los componentes materiales del sistema y las acciones de manipulación que llevan a cabo los agentes intencionales. En un sistema de agua potable, los procesos de potabilización pertenecen a los del primer grupo; mientras que el mantenimiento y suministro de las redes, así como la estructura tarifaria pertenecen a las relaciones de gestión. Las relaciones de gestión son también relaciones entre los componentes del sistema, pero en ellas lo que cuenta no son las transformaciones materiales que se producen entre los componentes, sino el flujo de información que permite el control y la gestión global del sistema.
- *Los objetivos:* Se supone que un sistema técnico se diseña y se utiliza para conseguir unos determinados objetivos o realizar determinadas funciones, por ejemplo, el abastecimiento de agua potable a una comunidad. Para caracterizar un sistema técnico es muy importante definir bien sus objetivos, de ser posible en términos precisos y cuantificables, de manera que el usuario del sistema sepa que puede esperar del mismo.
- *Los resultados:* En general el resultado de una acción intencional no coincide completamente con los objetivos de la acción. Puede suceder que parte de los objetivos no se consigan (o no se consigan en la medida prevista) y que además se obtengan resultados que nadie pretendía obtener. Por eso, para caracterizar y valorar cualquier sistema técnico es importante distinguir entre los objetivos previstos y los resultados realmente obtenidos. Por ejemplo, es probable que busquemos una solución de agua potable a través de un pozo profundo para una localidad, pero puede resultar que buena parte de esta agua resulte contaminada.

5.1.2. El sistema tecnológico alcanza “Momentum”

Otro modelo de sistema tecnológico lo propone Hughes, permite mostrar con mayor detalle la interacción entre las partes y el todo, propio de una noción sistémica; y por otro lado, nos da una cierta idea de la dinámica de la tecnología.

Para Hughes (1983, 1987, 1994), los sistemas tecnológicos contienen complejos y desordenados componentes de solución de problemas. Los componentes de los sistemas tecnológicos son artefactos físicos, los cuales pueden ser analizados como subsistemas en función de los sistemas que incluyen. También las organizaciones son componentes de los sistemas tecnológicos, entre las que se cuentan: empresas de manufactura, compañías de servicio público y bancos de inversión. Se incluyen también los componentes usualmente descritos como científicos: libros, artículos, enseñanza universitaria y programas de investigación. Los artefactos legislativos, tales como leyes, pueden hacer parte de los sistemas tecnológicos. Igualmente los recursos naturales pueden ser considerados como artefactos de un sistema tecnológico.

Las personas, inventores, científicos industriales, ingenieros, gerentes, financieros y trabajadores, son componentes del sistema pero no deben ser considerados como artefactos del mismo. Ellos tienen grados de libertad que no poseen los artefactos y que se pueden expresar en el diseño del sistema y en sus funciones, además retroalimentan la ejecución de las metas del sistema y corrigen así los errores. El grado de libertad ejercida por las personas en un sistema, en contraste con la ejecución rutinaria relacionada con el desempeño del trabajo mismo, depende de la madurez y el tamaño o autonomía de un sistema tecnológico (Hughes, 1987: 54).

La importancia del trabajo de Hughes radica en la concepción de la dinámica del sistema tecnológico, en términos de lo que llamó “Momentum tecnológico”, o la propensión de las tecnologías por desarrollar trayectorias previamente definidas, en un determinado momento de su desarrollo. Dice Hughes, que cuando un sistema es joven el entorno configura el sistema. A medida que el sistema va siendo mayor y más complejo, va cobrando impulso o momentum, por lo que el sistema es cada vez menos configurado por su entorno y se convierte en el elemento que más configura el entorno; en otras palabras, el sistema configura la sociedad y es configurado por ella. La interacción de los sistemas tecnológicos y la sociedad no es simétrica a lo largo del tiempo, los sistemas tecnológicos en evolución dependen del tiempo.

5.1.3. El socioecosistema tecnológico

Por último podríamos mencionar el enfoque propuesto por Wynne (1.983), Schienstock (1.994), González et al (1.996) y López Cerezo y González (2002), el cual rescata con mayor fuerza el tema de la participación pública. En principio se parte desde una perspectiva que enfatiza en los aspectos sociales sobre los técnicos, en donde las tecnologías serían formas de organización social que implican de manera característica a la producción y uso de artefactos, así como a la gestión de recursos.

Wynne (1.983, citado por González, et al, 1996), propone incluir la participación externa en la evaluación de los sistemas, especialmente a los posibles usuarios, frente a la tradicional forma centrada solo en los expertos y gestores. Esto significa que se debe dar un peso a los factores no epis-

témicos (expectativas profesionales, presiones económicas, disponibilidades técnico-instrumentales, convicciones y valores personales, etc.), para resolver problemas y conflictos de origen tecnológico, asumiendo una flexibilidad interpretativa y valorando la complejidad de los procesos.

A ello habría que agregarle el modelado de los factores contextuales de los modos propios del proceso tecnocientífico en juego, reconocido hoy en los estudios CTS como infradeterminación. A partir de los diversos datos de una evidencia empírica acerca de conclusiones científicas, es posible tener diversas aproximaciones intelectuales e interventivas, aproximaciones que pueden ser igualmente satisfactorias desde el punto de vista de los criterios cognitivos internos, y que, por lo tanto, requieren el concurso de valores e intereses externos a la propia ciencia y tecnología para zanjar la incertidumbre presentada (López Cerezo y González, 2002).

Tal situación ha sido estudiada por José Antonio López Cerezo y Marta González (2002), en un debate sobre la política forestal relacionada con las plantaciones de eucaliptos en el norte de España. La infradeterminación no solo fue reconocida en la diversidad de criterios a partir de los informes científicos con argumentos de uno y otro lado, a favor y en contra del eucalipto; también se presentó en la política forestal, al estar determinada por los informes infradeterminados. En tal sentido podemos considerar que no hay un modo único y privilegiado de problematizar la realidad, tampoco hay una única forma privilegiada de resolver problemas cognitivos o tecnológicos, una vez presupuesto un cierto cuerpo de evidencias; no hay, finalmente, un único modo de adoptar decisiones políticas sobre asuntos relacionados con la tecnología o el tema ambiental.

Bajo tales consideraciones, González, López Cerezo y Lujan (1996), proponen que un sistema tecnológico pueda también ser entendido como un socioecosistema, teniendo en cuenta la analogía con el concepto de ecosistema en ecología. Señalan que la innovación tecnológica y la intervención ambiental ignoran a menudo las características del sociosistema en el que van a integrarse, de ahí que la transferencia de tecnología a sociosistemas extraños pueda producir más perturbación social y económica que mejora de la calidad de vida. El socioecosistema, como elemento regulador, permite entonces la posibilidad de introducir factores de control y corrección a los desequilibrios tecnológicos sobre la sociedad y el medio ambiente, corrección que implica en todo caso a la participación de los diversos actores sociales del sistema.

5.2. La participación pública en ciencia y tecnología

El tema de la participación pública, desde sus orígenes, ha estado muy relacionado con la amenaza de alto riesgo, las desigualdades asociadas con tecnologías de gran escala, el potencial deterioro global medio ambiental y el incremento del valor marginal de los productos económicos tradicionales.

La participación pública implica una cantidad equivalente de participantes con sus formas de pensar y una orientación enfocada a resolver problemas de forma consensuada (Renn, et al, 1995). Los públicos involucrados o que pueden involucrarse en la participación y gestión de la ciencia y la tecnológica, son, (Nelkin, 1984): Personas directamente afectadas; Público involucrado; Consumidores; Público interesado; Comunidad científica e ingenieril.

Respecto de la forma como se lleva a cabo la participación, se han hecho sugerencias específicas para definir los criterios necesarios que satisfagan una efectiva participación pública, también para obtener métodos de discusión que permitan incorporar elementos que puedan ser importantes en la participación. Tales aspectos han sido clasificados en criterios de aceptación, los cuales están relacionados con la construcción efectiva de un proceso de participación; y criterios de proceso, relacionados con la aceptación del público potencial de un procedimiento (Rowe y Frewer, 2000).

Con relación a los modelos, se han venido implementando diversas formas de participación pública, principalmente con base en experiencias de diferentes países industrializados, aunque no solo de éstos. No hay una receta única para el reto de la participación en temas de ciencia y tecnología, algunos modelos tienen un carácter más representativo, otros son más efectivos sobre la toma real de decisiones, ciertos modelos son mejores para el debate público, otros propician una participación más igualitaria de legos respecto a expertos y autoridades, y aun otros hacen posible un involucramiento menos reactivo del público participante (Martín Gordillo et al., 2000). Un resumen de la clasificación de estos modelos se encuentra en López Cerezo y González (2002).

Como los modelos de participación pueden involucrar diferentes campos de acción y como nos interesa de manera especial la participación pública en cuestiones de agua potable, tuvimos en cuenta prioritariamente la participación pública en problemas medio ambientales. Los problemas medio ambientales están íntimamente relacionados con aquellos a la protección de la salud humana y la seguridad, la mayoría de las veces a través del lenguaje sobre el riesgo. En este sentido, encontramos que dos de estas formas de participación relacionadas con temas ambientales son los Grupos Focales y la Mediación, las cuales mostraremos desde una perspectiva didáctica en el apartado siguiente.

Ahora bien, cuando auscultamos los modelos y experiencias de participación pública en sistemas de agua potable del ámbito colombiano, por ejemplo, en zonas rurales y urbano-marginales, encontramos que el “Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico – Cinara-”, de la Universidad del Valle, en Cali, Colombia, ha logrado fomentar la implementación de varios sistemas tecnológicos de potabilización con metodologías participativas. Se trata de un modelo participativo denominado Proyecto de Aprendizaje en Equipo, en donde las comunidades y en particular las mujeres participan, tanto en la definición de sus sistemas de agua como en la administración y gestión de los mismos (Quiroga y Visscher, 1997).

En la participación de los servicios públicos domiciliarios en Colombia, pueden distinguirse cuatro formas que se orientan hacia la democratización de las decisiones locales (Velásquez y González, 1994). Por un lado se habla de *Participación Reivindicativa*, orientada hacia la movilización de individuos y grupos con el fin de reivindicar ante el Estado la provisión de servicios, el mejoramiento de su calidad, la modificación de las tarifas o cualquier otra acción estatal que garantice su mejor prestación. *Participación Instrumental*, caracterizada principalmente por propiciar la movilización de organizaciones o comunidades locales en función de elementos pragmáticos y utilitarios. *Participación Formal*, cuyo núcleo es la representación de los usuarios de los servicios en canales institucionales reglamentados por la ley. *Participación Sustantiva*, definida como el conjunto de procedimientos utilizados, tanto por la ciudadanía como por el Esta-

do, para enfrentar las carencias y necesidades de la población en materia de servicios públicos domiciliarios y emprender las acciones necesarias, compartidas o no, para satisfacerlas de manera efectiva.

5.3. Las didácticas sobre participación pública

Veamos entonces las cuatro didácticas alrededor de casos específicos. Las didácticas complementaron el desarrollo conceptual de las diversas partes del Manual. Las didácticas van progresivamente desarrollando el aprendizaje de la participación pública, desde una menor implicación a una mayor.

5.3.1. Los Grupos de discusión

La primera de ellas utiliza el modelo de grupos focales como modelo de participación pública. Los grupos focales son pequeños grupos, de 5 a 12 miembros que representan al público, los cuales se utilizan para evaluar opiniones y actitudes. La discusión es libre sobre un tema, la cual se graba en audio o video, con una mínima intervención del moderador.

En la didáctica, los grupos focales son considerados como grupos de discusión, concentrados en un tema de agua potable en una localidad rural cercana al municipio de Cali, denominada Montebello. Allí se presenta una polémica alrededor del incumplimiento del Estado por proveer el suministro de agua de manera indicada. El trabajo consisten en que a través de varios grupos de discusión, se realiza una investigación para determinar lo que está pasando en esta localidad, destacando las actitudes y opiniones de los actores sociales involucrados en dicha situación. Luego, se debaten tales posturas, teniendo en cuenta las ventajas, desventajas e implicaciones de estas opiniones, respecto de las posibles soluciones a la problemática presentada.

De manera más detallada, encontramos en esta localidad diversos grupos sociales involucrados, como son: Asociación de Participación Ciudadana, los Medios de Comunicación, la Alcaldía de Cali, la Secretaria de Salud, y la entidad administradora de la planta de potabilización.

Teniendo en cuenta lo anterior, cada grupo de discusión investigará las noticias de prensa, los informes técnicos, incluso hará visitas a la localidad para entrevistarse con los actores sociales, en donde se plantean preguntas del siguiente orden: ¿Qué está pasando en esta localidad? ¿Cuáles son los antecedentes de suministro de agua potable en esta localidad? ¿Por qué los habitantes no tienen agua potable? ¿Cuáles son las soluciones que les ha prometido la Alcaldía? ¿Por qué las Empresas de Servicios Públicos de Cali no resuelven este problema? ¿Qué dice el Alcalde? ¿La solución que plantea la comunidad es la más aconsejable? ¿Qué va a suceder si este problema no se resuelve? ¿Cómo se ha organizado la comunidad para gestionar una solución al problema del agua potable? ¿Qué implicaciones ambientales y de salud en las personas puede ocasionar el consumo de agua no potabilizada adecuadamente? ¿Cuáles son las otras opciones que pueden reemplazar la realización de un acueducto en esta localidad? ¿Existen las condiciones necesarias para aprobar la propuesta de construir un acueducto en esta zona? En caso negativo: ¿Qué alternativas se proponen y qué aspectos deberían variar para que la decisión fuera favorable? ¿Qué implicaciones (ventajas e inconvenientes) tiene esta decisión?

En el debate abierto, con el apoyo de un moderador, se plantea esta clase de preguntas. Luego, entre todos los grupos, se prepara un informe para presentar a la comunidad educativa, es decir a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería o programa académico. El informe debe recoger el debate que ha tenido lugar entre los grupos de discusión, mostrando detalladamente a los compañeros la situación que han analizado sobre esta localidad, destacando las opiniones y actitudes de los actores sociales que intervienen en esta problemática, las contradicciones y puntos de encuentro de tales opiniones o posturas, así como las implicaciones que encuentran frente a la solución del problema. El informe será presentado en forma de conferencia, cartelera, boletín, etc.

5.3.2. La mediación

La segunda didáctica que hemos abordado se relaciona con un método de resolución de conflictos en ámbitos amplios y que también ha sido usado en temas de ciencia y tecnología, se denomina la mediación.

El “Instituto para la Mediación Medioambiental” de la Universidad de Washington, describe la mediación como un proceso voluntario en el cual los involucrados en una disputa exploran juntos y reconcilian sus diferencias (Baughman, 1995: 254). La disputa mediada llega a una solución cuando las partes conjuntamente hayan buscado lo que consideran puede ser una solución factible.

La mediación presenta tres fases:

- La prenegociación: que consiste en encontrar hechos que permitan juntar a las partes involucradas;
- La negociación integrativa: son los acuerdos pactados, son soluciones propuestas por los grupos en cuestión;
- La implementación: a partir de los acuerdos mediados, se busca implementarlos, teniendo en cuenta que no son necesariamente acuerdos legales, en este sentido hay que establecer relaciones entre los acuerdos informales y los procesos formales de toma de decisiones.

En nuestro caso, se parte de una solicitud hipotética que le hacen cultivadores de la región a los estudiantes de ingeniería de la Universidad, para que elaboren un concepto alrededor de la siembra de productos transgénicos.

La mediación que se propone en la didáctica se lleva a cabo entre dos grandes grupos de estudiantes y un grupo mediador de tres personas. Los integrantes del grupo mediador deben ser personas con buen trato, voluntad de participar, imparcialidad, protagonismo pero al mismo tiempo capaz de ponerse en el lugar de la otra persona, deben tener algunas habilidades de comunicación y capacidad de confidencialidad. El grupo mediador no tiene autoridad para imponer una solución. Su fortaleza se relaciona con la capacidad para ayudarle a los grupos a solucionar sus propias diferencias.

Los grandes grupos deben subdividirse en grupos más pequeños para investigar los temas de manera más específica y a profundidad. Los dos grandes grupos serán, para este caso, un grupo a favor de los transgénicos y el otro grupo en contra de los transgénicos.

Los dos grupos de discusión pueden tener amplias discusiones o diferencias, pero deben concentrarse en cuestiones de interés común. La mediación facilita la discusión pública de temas de interés mutuo, mientras que las cuestiones que más generen conflicto pueden ser reservadas para la discusión entre el grupo mediador y los dos grandes grupos de forma individual.

El grupo mediador tendrá las siguientes funciones:

- Trabaja con los dos grupos por separado, para identificar los posibles puntos de acuerdo y ayudarles en su capacidad y buena voluntad de negociar. Hay pues una etapa amplia de negociación a puerta cerrada, antes de la plenaria general.
- El grupo mediador sugiere alternativas de solución a partir de las ideas colectivas que surjan entre los dos grandes grupos. Mediante reuniones con ellos, se precisan y ajustan los posibles acuerdos para presentarlos luego en plenaria.
- El grupo mediador redactará finalmente el acuerdo establecido por los grupos. En plenaria, el grupo mediador presenta la propuesta y se abre la discusión, pero orientada a ratificar o mejorar el acuerdo.

Se prepara luego un informe final, entre los grupos y el grupo mediador, el cual debe contener los argumentos centrales y el acuerdo firmado entre las partes. Dicho informe y el acuerdo firmado, será presentado en forma de conferencia a la comunidad educativa (estudiantes de la Facultad o el plan de estudios), que en este caso hará las veces de la comunidad rural por la que se inicia la didáctica.

5.3.3. El caso simulado

Otra didáctica desarrollada en el Manual tiene que ver con la elaboración de un caso simulado, siguiendo la metodología que ha propuesto el Grupo Argo de España. Dicha didáctica, al igual que la mediación, también hizo parte del Disco Compacto elaborado para el componente Tecnología y Sociedad, aunque en ambos casos se variaron algunos detalles de tal forma que el nivel de profundidad fuera mayor para los estudiantes de ingeniería; por ejemplo, para los estudiantes de ingeniería, los documentos o las lecturas de apoyo del caso simulado se excluyeron, ya que esta actividad debe ser parte del trabajo de los estudiantes, a ello se suma que la localización de la controversia es una región donde el tema del caso se ha estudiado ampliamente.

El caso simulado se sitúa en el Valle del Cauca, en esta región se encuentran localizados los trece ingenios azucareros que fabrican casi todo el azúcar producido en Colombia. Esta es una región que posee las condiciones idóneas para el crecimiento de la caña de azúcar: brillo solar permanente e intenso a lo largo del año, caída adecuada de temperatura entre el día y la noche, disponibilidad de agua, lluvias adecuadas y fertilidad en los suelos. El cultivo de la caña de azúcar se hace en forma continua durante todo el año y no en forma estacional como en el resto del mundo. La polémica a debatir se plantea ante la queja de las poblaciones afectadas, debido a la contaminación ambiental ocasionada por el sistema de quema que se utiliza en la actualidad. La quema de la caña de azúcar, previa a su cosecha, hace que persista por algún tiempo el humo y los desechos sólidos que emite quedan en suspensión en el aire hasta disiparse.

En la controversia participan diferentes organizaciones a favor y en contra de la quema de la caña de azúcar, estos actores son propuestos de manera ficticia pero verosímil con relación a los actores reales, ya que coinciden en la realidad aunque no siempre los nombres de las organizaciones involucradas y mucho menos sus posturas dentro del caso. Para este caso hemos escogido los siguientes grupos o actores sociales: Comisión del Ministerio del Medio Ambiente, Asociación de Corteros de Caña de Azúcar, Grupo de profesores de la Universidad del Valle, Grupo de Cultivadores de Caña de Azúcar “Grucaña”, Organización No Gubernamental “Procultivo Caña Verde”.

5.3.4. El ciclo de responsabilidad

Por último se propone la elaboración de un proyecto, cuyo tema de elección libre será un problema local relacionado con la ciencia y tecnología, siguiendo la didáctica que se conoce como el Ciclo de Responsabilidad. El Ciclo organiza la secuencia de enseñanza-aprendizaje en torno a preocupaciones éticas y de valores respecto de un caso o problema a partir de cinco fases. Éstas van desde la comprensión de sí mismo, como dirección primaria en la formación de la responsabilidad, al estudio y la reflexión de cuestiones problemáticas sobre la ciencia y la tecnología, y luego a la toma de decisiones y a la acción; y de vuelta a uno mismo para una integración “totalista” (Waks, 1996).

Las fases se desarrollan como un proyecto, cuyo informe debe contener los siguientes aspectos:

- La identificación del problema y su respectivo diagnóstico;
- El estudio de sus diferentes componentes epistemológicos y sociológicos relacionados con el problema. Es decir, se trata de preguntarse por los componentes del problema, como por los actores sociales relevantes vinculados al problema, así como sus ideas sobre el mismo; las posibles transformaciones del problema a lo largo del tiempo; las implicaciones valorativas, ambientales y sociales relacionadas con el problema, entre otros aspectos;
- El análisis de las posibles soluciones del problema, a partir de debates argumentados;
- Junto con otros factores sistémicos que integren los problemas en un contexto más amplio.

El método de trabajo comprende dos fases: de investigación documental, como de trabajo de campo. Como el Ciclo se centra en la responsabilidad, se comienza y termina con la idea de individuo responsable y como miembro responsable de la sociedad. Al final, un diálogo es oportuno para descubrir áreas que necesiten ser reconocidas, en las que las preocupaciones han madurado y las exigencias puedan haber aumentado. En este sentido, se esperaría que los estudiantes con sus grupos de trabajo se acerquen a las comunidades para comentarles sobre la forma como han analizado los problemas y las respectivas soluciones que encuentran. De igual manera, habrá una exposición por cada grupo para presentar su trabajo, invitando a estudiantes de la Facultad o Plan de Estudios.

5.4. A manera de cierre

Con estos resultados podemos plantear algunas conclusiones finales:

La participación pública en temas de ciencia y tecnología se erige como un poderoso instrumento para hacer más democrática las sociedades. Dicha participación es posible llevarla a cabo si-

guiendo un conjunto de modelos y criterios hoy en día implementados en diversos países de Europa y América. En el caso colombiano, es posible promover y estudiar la participación pública en cuestiones de agua potable, salud y en menor medida en agricultura. Dichos procesos involucran tanto la participación como la gestión misma, como sucede con frecuencia en sistemas de agua potable.

El análisis de estos procesos, enfoques y modelos, junto al concepto de Educación en Ciencia Tecnología y Sociedad (Manassero, M. A., Vázquez, Á. y Acevedo, J. A., 2001; Martín Gordillo, López y Osorio, 2000), nos brinda las herramientas para incorporar el tema de la participación pública como un objetivo fundamental de la educación en tecnología, y de la educación en ingeniería en el contexto colombiano. Mediante el diseño de didácticas que recogen el espíritu de la participación pública, tanto como sus modelos, es posible desarrollar un proceso educativo que llene el vacío del componente “Tecnología y Sociedad”, dentro de los lineamientos de Educación en Tecnología propuestos por el Ministerio de Educación Nacional. Y de otro lado, tales didácticas favorecen el aprendizaje de la participación pública en cuestiones científico-tecnológicas en la formación de estudiantes de ingeniería de las universidades colombianas.

El concepto de sistema tecnológico constituye una unidad de análisis adecuada para el aprendizaje de la participación pública por parte de docentes y alumnos de educación básica secundaria y media, al igual que en estudiantes de ingeniería. La noción misma de sistema es afín a los procesos educativos de ambos niveles.

Referencias bibliográficas

- BAUGHMAN, M. (1995): “Mediation”, en RENN, O; WEBLER, Th., y WIEDEMANN, P.: *Fairness and competence in citizen participation*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- CHECKLAND, P. (1981): *Systems thinking, systems practice*, London: John Wiley & Sons.
- GONZÁLEZ, M.; LÓPEZ CERREZO, J. A., y LUJÁN, J. L. (1996): *Ciencia, tecnología y sociedad: Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid: Tecnos.
- HUGHES, T. (1983): *Networks of power: Electrification in western society, 1880-1930*, Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- (1987): “The evolution of large technological systems”, en BIJKER, W. E; HUGHES, T., y PINCH, T. (eds.) (1987/1999): *The social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology*, Cambridge, MA: MIT Press.
- (1994): “El impulso tecnológico”, en ROE SMITH, M. y MARX, L. (eds.) (1994): *Historia y determinismo tecnológico*, Madrid: Alianza Editorial, S. A. 1996.
- LÓPEZ CERREZO, J. A. y GONZÁLEZ GARCÍA, M. I. (2002): *Políticas del bosque*, Madrid: Cambridge University Press/OEI.
- MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, Á., y ACEVEDO, J. A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*, Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- MARTÍN GORDILLO, M.; LÓPEZ CERREZO, J. A., y OSORIO, C. (2000): “La educación en valores a través de CTS”, en *Foro Iberoamericano de Educación en Valores*, Uruguay, Octubre de 2000.
- NELKIN, D. (1984): “Science and technology policy and the democratic process”, en PETERSEN, J. C. (ed.) (1984): *Citizen participation in science policy*, Amherst: University of Massachusetts Press.
- QUINTANILLA, M. A. (1988), *Tecnología: Un enfoque filosófico*, Madrid: Fundesco.
- (1998): “Técnica y cultura”, en LÓPEZ CERREZO, et al. (eds.): *Filosofía de la tecnología*, Madrid: OEI, 2001.

- QUIROGA, E. y VISSCHER, J. T. (eds.) (1997): *Transferencia de tecnología en el sector de agua y saneamiento en Colombia. Una experiencia de aprendizaje*, Santiago de Cali: Universidad del Valle, International Water and Sanitation Centre –IRC.
- RENN, O; WEBLER, Th., y WIEDEMANN, P. (1995): *Fairness and competence in citizen participation*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- ROWE, G. y FREWER, L. (2000): “Public participation methods: A framework for evaluation”, en *Science, Technology and Human Values*, 25, 1, pp. 3-29.
- SCHIENSTOCK, G. (1994): “Technology policy in the process of change. Changing paradigms in research and technology policy”, en AICHHOLZER, G. y SCHIENSTOCK, G. (eds.) (1994): *Technology policy: Towards and integration of social and ecological concerns*, Berlin-Nueva York: De Gruyter.
- VELÁSQUEZ, F. E. y GONZÁLEZ, E. (1994): “Gestión de servicios públicos y participación en Colombia”, en *Participación comunitaria y servicios públicos*, Memorias Seminario Internacional Participación Comunitaria y Servicios Públicos, Cali: Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental –ACODAL–, noviembre de 1994.
- WAKS, L. (1996): “Filosofía de la educación en CTS. Ciclo de responsabilidad y trabajo comunitario”, en ALONSO, A., et al.: *Para comprender ciencia, tecnología y sociedad*, Pamplona: Ed. Verbo Divino.
- WYNNE, B. (1983): “Redefining the issues of risk and public acceptance”, en *Futures*.

6. Cultura científica y participación ciudadana: materiales para la educación CTS¹

Mariano Martín Gordillo

Pronto se cumplirá medio siglo de la acertada denuncia de Snow sobre lo poco transitadas que estaban las fronteras entre las ciencias y las letras, o en términos más actuales, sobre el distanciamiento entre los campos tecnocientífico y humanístico. Ambos territorios parecían estar habitados por gentes con lenguajes diferentes y, lo que es peor, con una actitud de incompreensión recíproca y desinterés mutuo. Aunque es cierto que no faltan quienes siguen considerando infranqueables esas fronteras disciplinares, también lo es que cada vez son más los intentos de comunicación entre la cultura científica y la cultura humanística. El hecho de que ya se usen esas expresiones en las que lo sustantivo es la cultura y lo humanístico o lo científico adjetivan ámbitos más complementarios que contrapuestos es un síntoma de que la situación está cambiando.

Antes la alfabetización de los ciudadanos parecía estar referida únicamente a las *letras*. Pero cada vez es más frecuente la reivindicación de una idea más amplia de la alfabetización de la ciudadanía que incluiría también a la ciencia y la tecnología. También es creciente el acuerdo sobre la importancia educativa de los enfoques de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), cuando antes las dos primeras parecían desarrollarse completamente al margen de los problemas de la tercera. Parece que ya no es tan cierto que los valores, las cuestiones éticas, incluso lo estético, deban ser considerados como aspectos ajenos a lo tecnocientífico. Como tampoco es ya un lugar común que lo humanístico, lo artístico, lo moral y lo filosófico deban pertenecer al reino de lo irracional o lo metafísico. O al menos, parece que ahora hay más acuerdo que hace algunas décadas en considerar que la distancia entre lo epistémico y lo axiológico no debe ser tan grande.

La ciencia y la tecnología fueron siempre productos humanos, pero su desarrollo actual es de tal magnitud que, como pronosticara Ortega, hoy se han invertido los términos de la relación llegando a estar las formas de vida humana estrechamente condicionadas por el propio desarrollo de la ciencia y la tecnología. Esta nueva relación del desarrollo tecnocientífico con la vida humana (y también con el medio ambiente) ha generado actitudes radicales hacia él. Para algunos ese desarrollo es la causa de todos los males que nos aquejan considerando que la actitud verdaderamente humanística debería ser la del recelo, cuando no el repudio, ante muchos de los efectos de la ciencia y la tecnología (particularmente, de esta última). Para otros, en cambio, en el desarrollo tecnocientífico está la clave del progreso humano y, lejos de ser la causa de los problemas sociales y ambientales, es la condición para su solución definitiva. Frankenstein o Prometeo, tal parece ser el dilema humano ante el desarrollo tecnocientífico.

1. Publicado originalmente con el mismo título en la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, n.º 6, vol. 2, diciembre de 2005, pp. 123-135.

Sin embargo, reconocer con quienes mantienen actitudes tecnófilas que la ciencia y la tecnología son imprescindibles para la vida humana al comienzo del tercer milenio, no implica aceptar que su desarrollo deba escapar a la evaluación y el control por los seres humanos. Por otra parte, coincidir con los tecnófobos en la denuncia de los riesgos que supone un desarrollo tecnocientífico sin límites no significa asumir la alternativa del retorno a una arcadía imposible que prescindiera de la ciencia y la tecnología.

Para bien y para mal la ciencia y la tecnología están con nosotros y son, en cierto modo, parte de nosotros. Por eso la escisión radical entre la cultura humanística y la cultura científica como compartimentos estancos es artificial e inconveniente. Frente a esa consideración enfrentada entre lo humanístico y lo tecnocientífico parece más sensato promover una visión más ajustada de las relaciones entre el desarrollo tecnocientífico y la sociedad mostrando la presencia de aspectos valorativos en la propia gestación del conocimiento científico y el desarrollo tecnológico. Como formas culturales que son, la ciencia y la tecnología incorporan los valores y las prioridades de las sociedades en las que se han desarrollado.

Por tanto, la alfabetización tecnocientífica no puede suponer solamente el conocimiento de la morfología y la sintaxis de los conocimientos propios de las disciplinas científicas. Los aspectos semánticos, que remiten a un mundo de significados sociales, y los aspectos del contexto, que permiten comprender por qué y para qué han sido desarrollados los productos tecnocientíficos, son también elementos imprescindibles de una verdadera alfabetización en ciencia y tecnología.

Pero, por otra parte, si esa alfabetización tecnocientífica de los ciudadanos tiene sentido no es sólo para facilitarles las herramientas para comprender los mensajes expertos que se producen en el ámbito de la cultura científica y tecnológica. Con ser un fin importante, no es el más importante. Dominar un lenguaje no es sólo comprender los mensajes que se reciben, sino principalmente tener las competencias necesarias para participar en el intercambio dialógico. En el caso que nos ocupa, ello no implica que todos los que pueden llegar a comprender los significados de las producciones de la ciencia y la tecnología vayan a convertirse en autores de las mismas. Es obvio que, aunque todos los ciudadanos puedan y deban comprender adecuadamente los significados y las implicaciones sociales y ambientales del desarrollo tecnocientífico sólo algunos de ellos van a participar de forma protagónica en él como científicos o ingenieros. Pero no se debe olvidar que el desarrollo de la ciencia y la tecnología no sólo interesa a quienes van a contribuir profesionalmente a él, sino que afecta a todos los ciudadanos y todos han de aprender a participar (como usuarios, como consumidores, como beneficiados o perjudicados por sus consecuencias concretas) en las decisiones sobre la evaluación y el control social de la ciencia y la tecnología.

Participar en el desarrollo de la ciencia y la tecnología no es únicamente intervenir en los procesos epistémicos que las hacen posibles. No son, y no deben ser, las epistémicas las únicas decisiones que condicionan el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Para señalar las prioridades de la investigación, para limitar los aspectos que deben ser investigados, para decidir en cada contexto si es aceptable la puesta en marcha de un determinado sistema tecnológico (desde una central nuclear hasta una antena de telefonía móvil, desde un fármaco dopante hasta un respirador artificial, desde una red inalámbrica hasta la instalación de un ordenador en cada pupitre escolar...), para todas esas decisiones no son sólo los aspectos epistémicos los que han de ser tenidos

en cuenta. Todas ellas entrañan dilemas valorativos en los que es posible y necesaria la participación de los ciudadanos (de los usuarios, de los consumidores, de los afectados, de los responsables de cada uno de esos productos tecnocientíficos).

Por eso una verdadera alfabetización tecnocientífica de la ciudadanía, una verdadera cultura científica, implica el desarrollo de competencias para la participación de todos los ciudadanos en las decisiones relacionadas con el desarrollo tecnocientífico. No todos los ciudadanos participarán directamente en los procesos que permiten el desarrollo de la ciencia y la tecnología, pero la reivindicación de una verdadera cultura científica para la ciudadanía no puede limitarse a conseguir que los ciudadanos sean sólo buenos espectadores o buenos usuarios de los conocimientos y productos de la ciencia y la tecnología. Su participación activa es necesaria también en las decisiones sobre lo que se espera, se desea y se necesita de la ciencia y la tecnología. Al menos lo es en la medida en que se entienda que la ciencia y la tecnología no deben ser ajenas al compromiso democrático y a la responsabilidad social, es decir, a hacer posible el ejercicio de una ciudadanía plena en las sociedades democráticas.

Por otra parte, las sociedades avanzadas requieren también una mayor proximidad entre el desarrollo tecnocientífico y los ciudadanos que favorezca la aparición de un mayor número de vocaciones hacia las profesiones relacionadas con la ciencia y la tecnología. La tradicional dificultad y alejamiento respecto de las preocupaciones cotidianas, que se dan muchas veces en las enseñanzas habituales de las ciencias en los sistemas educativos, no favorece la aparición de esas vocaciones, sino que las presupone. Los espacios de reflexión y participación educativa sobre la cultura científica son una buena oportunidad para presentar la proximidad e interdependencia entre el desarrollo tecnocientífico y la sociedad de una manera más motivadora. Sin duda, este planteamiento puede redundar positivamente en la generación del interés hacia la ciencia y la tecnología, condición necesaria para la aparición de vocaciones hacia la actividad tecnocientífica en los niños y jóvenes, algo de suma importancia para el futuro de nuestras sociedades.

Entre las finalidades de la educación CTS ocupa un lugar principal, por tanto, la intención de mostrar que la ciencia y la tecnología son accesibles e importantes para los ciudadanos y, por tanto, favorecer su alfabetización tecnocientífica. Hacer sensibles a los ciudadanos a la cultura científica. Mostrar que la ciencia y la tecnología son construcciones humanas y que, por tanto, también reflejan los deseos, los intereses y los valores de los humanos. Dotarles de las herramientas conceptuales que les permitan comprender el mundo en el que viven y comprometerles con la idea de que las decisiones sobre el rumbo del conocimiento científico o la transformación tecnológica no pueden delegarse en los expertos tecnocientíficos porque sus consecuencias afectan a todos, serían algunos de los objetivos educativos que podrían estar relacionados con esta primera finalidad de la educación CTS.

Una segunda finalidad primordial de una educación para el desarrollo de una cultura científica es la de propiciar el aprendizaje social de la participación pública en las decisiones tecnocientíficas y, por tanto, favorecer una educación para la participación democrática también en ciencia y tecnología. Promover que los ciudadanos opinen, contrasten, y juzguen las distintas alternativas existentes en relación con el desarrollo de las ciencias y las tecnologías. Habituarles a hallar las dimensiones éticas, políticas, estéticas, económicas y en general valorativas presentes en muchos de los problemas que se presentan como técnicos. Fomentar hábitos de discusión racional, de negociación y de toma de decisiones democrática en relación con los problemas concretos en

los que la ciencia y la tecnología tienen consecuencias sociales. Éstos serían algunos de los objetivos que sintonizan con la segunda de las finalidades propuestas.

Para promover ese aprendizaje social de la participación pública en las cuestiones tecnocientíficas el contexto educativo es sumamente relevante. Sin duda, las instituciones educativas no son las únicas en las que se puede y se debe promover iniciativas para la difusión de la cultura científica a favor de la participación ciudadana en la ciencia y la tecnología, pero sí son uno de los lugares más oportunos para desarrollar acciones coherentes con esas finalidades de la educación CTS.

En este sentido, la aparición de espacios curriculares en el ámbito educativo relacionados sustantivamente con la cultura científica y las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad (en la forma de materias de CTS pura, con ese u otro nombre, en la forma de injertos de temas específicos o transversales en otras materias, etc) es una oportunidad para promover esa cultura científica vinculada al aprendizaje de la participación ciudadana en ciencia y tecnología. Pero estos nuevos espacios curriculares no deben ser vistos como el caballo de Troya de las disciplinas científicas en los itinerarios formativos no científicos o de las disciplinas humanísticas en los itinerarios de ciencias. En ambos casos perderían su potencial para mostrar una visión integradora de la cultura científica y para propiciar una participación pública en las cuestiones científicas sin las hipotecas propias de los distintos códigos disciplinares que pretenderían su apadrinamiento. Es cierto que la filosofía de la ciencia (y de la tecnología), que la historia de la ciencia (y de la tecnología), que las propias disciplinas científicas (y tecnológicas) tendrían mucho que aportar a esa cultura científica común. Pero debe tratarse de eso, de aportaciones que buscan las sinergias, no de coartadas para la apropiación de los nuevos espacios curriculares, ni tampoco de pactos para conformar un puzzle híbrido de los diversos campos que acabe reproduciendo en ellos la fragmentación entre las distintas disciplinas.

Para que estos espacios fronterizos de formación ciudadana en torno a los temas del desarrollo científico y tecnológico puedan ser útiles parecen, por tanto, deseables estructuras curriculares flexibles en las que la prescripción rígida deje paso a la orientación básica sobre posibles líneas de desarrollo con la suficiente apertura como para permitir que el trabajo en las aulas se pueda articular en torno a los problemas más relevantes de cada momento y de cada contexto educativo y social.

También parece importante enfatizar la necesidad de que lo dialógico, el trabajo cooperativo, la elaboración de proyectos, así como su exposición, defensa y confrontación pública, sean lo habitual en las metodologías propias de la educación para el desarrollo de la cultura científica y la ciudadanía democrática.

Asimismo, es necesario promover iniciativas de formación docente interdisciplinares, flexibles y participativas. Coherentes, por tanto, con los propósitos y la naturaleza de esta cultura científica entendida en clave participativa. En este sentido, se cuenta con valiosas experiencias, desarrolladas en el contexto de la cooperación iberoamericana, de formación docente sobre el aprendizaje social de la participación pública en temas de ciencia y tecnología. La Organización de Estados Iberoamericanos² (OEI) viene desarrollando, desde su programa de ciencias, diversas iniciativas de diseño y experimentación de materiales didácticos y de formación docente para la

2. <http://www.oei.es>

difusión de la cultura científica que pueden constituir un referente para ese tipo de acciones de formación docente y desarrollo curricular.

Fruto de esas iniciativas son las propuestas de educación CTS centradas en el trabajo con casos simulados como estrategia para la enseñanza y el aprendizaje de la participación ciudadana en ciencia y tecnología. Los casos simulados CTS han sido diseñados por los miembros del grupo Argo³ y experimentados en los últimos años en aulas españolas y latinoamericanas con el apoyo de la OEI. En ellos se plantean controversias sobre problemas reales de interacción entre ciencia, tecnología y sociedad en ámbitos como la salud, el medio ambiente, el urbanismo, etc. Dichas controversias se diseñan partiendo de un problema relacionado con el desarrollo tecnocientífico sobre el que se ha de tomar una decisión. Los diversos puntos de vista, intereses y valores presentes en el problema son encarnados por distintos grupos que configuran una red de actores sociales con planteamientos diferenciados sobre el modo en que se debería resolver la cuestión. En esa red existe siempre un grupo que tiene el papel de mediador, garantizando la apertura y pluralidad del debate y haciendo posible que la decisión que finalmente se adopte sea fruto de la negociación y el consenso logrado a la vista de los argumentos presentados y de los intereses de la mayoría.

Cada controversia parte de una noticia que podría haber aparecido en un medio de comunicación y en la que lo ficticio del problema se reduce a la situación en que se enmarca y la definición de los actores que participan en la controversia. Los casos simulados CTS tratan, por tanto, los problemas reales del desarrollo tecnocientífico en diversos ámbitos. Sin embargo, para su uso en el aula, igual que en las aulas-laboratorio de ciencias se simulan las condiciones que hacen más fácil mostrar los procedimientos de la investigación científica, los casos simulados presentan situaciones equilibradas y abiertas en las que se propicia el aprendizaje social de la participación pública en las decisiones sobre el desarrollo tecnocientífico.

Una vez presentado el problema, los alumnos se ponen por equipos en el papel de cada uno de los actores de la controversia y buscan informaciones y argumentos que pueden resultar útiles para defender sus puntos de vista en el debate que tiene lugar posteriormente en el aula. Para ello cuentan con diversos documentos, unos ficticios y otros reales, que facilitan su trabajo.

Durante el año 2003 se desarrolló un proyecto financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)⁴ en el que participaron más de 800 alumnos españoles de educación secundaria que desarrollaron en sus aulas varios casos simulados CTS (Martín Gordillo y Osorio, 2003). Entre los instrumentos de evaluación utilizados en ese proyecto había una encuesta que de forma anónima respondieron todos los alumnos valorando diferentes aspectos relacionados con esta propuesta educativa. No es baladí que dos de los aspectos que recibieron una valoración más positiva por los alumnos fueran la oportunidad de participar y cooperar en actividades en equipo y el nuevo papel desempeñado por el docente en este tipo de actividades. En tiempos de tantas incertidumbres sobre la innovación educativa y la profesionalidad docente, los alumnos que participaron en el proyecto también tomaron parte con esas valoraciones en la definición de los rumbos que, quizá, deberían seguir ambas.

3. El grupo Argo está formado por profesores de educación secundaria de Asturias que han desarrollado diversos materiales educativos para la educación en valores y la educación CTS <http://www.grupoargo.org>

4. <http://www.fecyt.es>

A continuación se resumen brevemente los problemas en torno a los cuales se articulan los diez casos simulados CTS que han sido diseñados ahora por los miembros del grupo Argo.

La vacuna del SIDA. Un caso CTS sobre salud, investigación y derechos sociales (Martín Gordillo, 2005a)

The image shows the front page of the newspaper 'EL PAÍS' from 1998. The main headline is 'Expectación mundial ante la noticia. Ya está preparada una vacuna que podría terminar con el SIDA'. Other headlines include 'La Corte Suprema autoriza el procesamiento de Pinochet por la Operación Cóndor' and 'El gobierno se decide a dar un paso más en la reforma constitucional'. The page features several photographs and sub-headers for various news items.

Tras el éxito en los ensayos en fase I y II, una multinacional farmacéutica pretende experimentar en fase III una vacuna contra el SIDA. Las dudas sobre los riesgos de estos ensayos y la vulnerabilidad de los participantes elegidos ha desatado un intenso debate sobre si deben autorizarse o no este tipo de ensayos en países africanos. La urgencia de contar con una vacuna inclina a algunos gobiernos africanos a pedir que se inicie cuanto antes el experimento, pero las incertidumbres científicas y los problemas éticos que entrañan estos ensayos han llevado a varios colectivos a pronunciarse contra su autorización. En este debate se dan cita los problemas éticos y políticos que plantean los experimentos sobre vacunas y, singularmente, los experimentos de vacunas contra el SIDA. Las prioridades de las empresas que realizan las investigaciones, los derechos de los sujetos que participan en los experimentos o los niveles de riesgo aceptables son algunos de los aspectos que se discuten en esta controversia.⁵

El contrato del dopaje. Un caso sobre deporte, farmacología y valoración pública (Camacho Álvarez, 2005)

The image shows the front page of the newspaper 'EL TIEMPO' from 1998. The main headline is 'Un comité oficial decidirá el patrocinador de la selección de ciclismo'. Other headlines include 'Ecuador: la oposición arma Congreso aparte' and 'VENEZUELA pone en marcha plan de choque en el noroeste de Chile'. The page features several photographs and sub-headers for various news items.

Un equipo ciclista colombiano recibe una oferta para ser patrocinado por una empresa que produce fármacos que pueden ser utilizados como sustancias dopantes. La empresa, está interesada en asociar su imagen a los valores de lo saludable propios del deporte. Pero el equipo ciclista se debate entre el interés de los corredores que quieren obtener la máxima retribución por su dura actividad y otras consideraciones como las del prestigio del equipo y el país si se acepta el mecenazgo de una empresa que produce sustancias prohibidas para los deportistas. Los usos socialmente aceptados y prohibidos de los fármacos, la posibilidad de encontrar soluciones químicas para el desmascaramiento del fraude por dopaje en la competición deportiva, el uso que la sociedad hace del deporte como instancia refrendadora o sancionadora de ciertos valores sociales o la responsabilidad de los anunciantes respecto de aquello que apoyan, son algunos de los aspectos que se plantean en una decisión tan compleja como aceptar o no este contrato de patrocinio.

5. Una descripción abreviada del contenido de este caso se puede encontrar en Martín Gordillo (2005b).

La ciudad de Ahormada. Un caso sobre urbanismo, planificación y participación comunitaria (González Galbarte, 2005)

La estrella de Ahormada
DIARIO DE LA MAÑANA
Año XXXI, Número 29.212
Precio: \$23,00

La nueva cara de la ciudad ya en marcha

El alcalde de Ahormada, Juan Carlos Rodríguez, anunció que la obra de renovación urbana de la zona de Cerro Chiquito ya está en marcha. La obra consistirá en la construcción de viviendas, equipamientos y espacios públicos que permitan mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta zona marginal.

Herida grave con La Vela Puerca

Un accidente ocurrido en la zona de La Vela Puerca dejó a un conductor herido de gravedad. Los bomberos acudieron al lugar para atender al lesionado y trasladarlo al hospital.

Mal tiempo afecta a E.L.U.

Las actividades de la Escuela Latinoamericana de Urbanismo (E.L.U.) se vieron afectadas por el mal tiempo que se vivió durante la semana pasada.

Mujer pagó 50.000 dólares por el divorcio

Una mujer pagó 50.000 dólares por el divorcio de su esposo, un caso que ha causado gran polémica en la comunidad.

Caricatures de Serrat en análisis por sus libros

Los libros de Joan Serrat han sido objeto de análisis por sus caricatures y el contenido de sus obras.

Pescadores piden que se modifique la veda

Los pescadores de la zona han pedido que se modifique la veda de pesca para mejorar sus condiciones de vida.

Euro en récord histórico frente a dólar; supera US\$ en 1,35

El euro alcanzó un récord histórico frente al dólar, superando los 1,35 dólares por euro.

El sol llega con miles de empleos y divisas

El turismo ha traído consigo miles de empleos y divisas a la zona, mejorando la economía local.

Ahormada es una ciudad latinoamericana en la que se discuten varios proyectos para la regeneración urbanística de una zona altamente degradada pero con valor histórico. Cerro Chiquito es el nombre de esa zona marginal que hoy está en el centro de la polémica por los diferentes proyectos urbanísticos que se han propuesto para su regeneración e integración en la trama urbana de la ciudad. Parques tecnológicos, usos residenciales, zonas de ocio o recuperación de los restos históricos son algunos de los proyectos que se debaten para ese lugar. Como en otras controversias urbanísticas, en el caso de Ahormada se enfrentan varias propuestas apadrinadas por actores diferentes interesados, según los casos, en la recuperación del pasado histórico, la creación de equipamientos y viviendas atractivas para la clase media, el desarrollo de un sector productivo con empresas viables para las condiciones del lugar o la mejora de las instalaciones sin modificar el tejido social que se ha ido decantando en la zona.

Las redes del tráfico. Un caso sobre movilidad, gestión del transporte y organización del territorio. (Camacho Álvarez y González Galbarte, 2005)

La Nueva España
DIARIO INDEPENDIENTE DE ASTURIAS
Director: Valero Pineda
Precio: 1,00

La evolución de un sector clave

La construcción de chalés aumentó casi un 14% en Asturias este año

Las nuevas viviendas unifamiliares se concentran en Llanes, donde más creció. Llanes, Villavieja y Castiellu.

El Ministerio convocará una conferencia para resolver los problemas del tráfico

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes convocará una conferencia para resolver los problemas del tráfico en las zonas urbanas.

Collin McRae inicia el Dakar como líder

Collin McRae inició el Dakar como líder en la carrera de rallyes que se celebró en España.

Vega-Arango expone mañana ante la junta del Sporting los detalles de la venta de Marco

Vega-Arango expone mañana ante la junta del Sporting los detalles de la venta de Marco.

Alvar González: «La afición del Oviedo tuvo mucha influencia en el proceso de insolvencia»

Alvar González afirma que la afición del Oviedo tuvo mucha influencia en el proceso de insolvencia.

Mendo se convierte en el nuevo presidente de la Federación Asturiana de Ciclismo

Mendo se convierte en el nuevo presidente de la Federación Asturiana de Ciclismo.

La autopista que une tres ciudades ha llegado prácticamente al colapso circulatorio. Varios centros comerciales se han instalado en su entorno atraídos precisamente por la posibilidad de ubicarse fuera de la ciudad pero a pocos minutos de ella. El consiguiente aumento del tráfico no puede ser absorbido ya por la autopista. Urge una solución. Hay quienes sostienen que el problema se resuelve añadiendo más carriles a la autopista y mejores sistemas tecnológicos para la regulación del tráfico. Para otros la apuesta por los servicios públicos del transporte y, en particular, por potenciar y optimizar la red del ferrocarril sería la mejor solución. El Ministerio convocará un encuentro para analizar las ventajas e inconvenientes de cada propuesta y finalmente adoptará una decisión. Los impactos sobre el territorio de las redes de transporte, los nuevos hábitos de vida y consumo derivados de la extensión de las tecnologías automovilísticas o el enfrentamiento entre la lógica de lo público y lo privado son algunos de los aspectos que se dan cita en este debate.

La cocina de Teresa. Un caso sobre la alimentación, automatización y empleo (Martín Gordillo, 2005c)

El Universal
1000 2005

Polémica por la instalación de un McExpress
La cocina de Teresa, tras su traslado al apartamento contiguo

Electrocosta pide ahorro de energía

Cartagena celebra su aniversario

Aguaero inundó calles y causó caos vehicular

Una multinacional de comida rápida pretende instalarse en un céntrica plaza de Cartagena de Indias adquiriendo el local que ocupa un restaurante tradicional de la ciudad. La reciente muerte del propietario del restaurante parece facilitar la operación, pero la actitud de algunos de los empleados y clientes del local, hostiles a que un clásico de la gastronomía local sea sustituido por un establecimiento de comida estandarizada, abre un intenso debate sobre la conveniencia o no de vender el restaurante y las alternativas que podrían plantearse para hacer frente a la oferta económica de la multinacional. La modificación de los hábitos alimentarios que supone el auge de la comida rápida, la alternativa entre la gastronomía tradicional y los procesos automatizados y estandarizados propios de las empresas de este sector, con las implicaciones laborales y culturales que esto supone, son algunos de los elementos que se dirimen en esta controversia.

La escuela en la red. Un caso sobre educación, nuevas tecnologías y socialización (Martín Gordillo, 2005d)

EL PAIS
DIARIO INDEPENDIENTE DE LA MASANA

Zapatero advierte a Ibarretxe de que no cabe nada fuera de la Constitución

Piden para sus hijos el derecho a ser educados por internet

Chávez exige a Colombia disculpas y suspende los acuerdos bilaterales

Numerosas familias de todo el mundo han constituido una asociación internacional para reclamar el derecho a educar a sus hijos sin llevarlos a la escuela. Piensan que los estados pueden exigirles la obligación de educar a los niños, pero no han de imponerles cómo deben hacerlo y, a su juicio, con el desarrollo de Internet y las nuevas tecnologías la educación escolarizada no es ya la única alternativa. Su propuesta ha encontrado eco entre algunas empresas dedicadas a la educación a distancia que se presentan ya como una alternativa eficaz a la escuela presencial. Los sindicatos de docentes y algunos intelectuales han visto en estas iniciativas desescolarizadoras un grave peligro, no sólo para sus intereses profesionales, sino para el futuro de la igualdad en la educación de la infancia. En este conflicto se manifiestan los desafíos que comportan las nuevas tecnologías para las formas de vida heredadas de la modernidad y se debaten conflictos entre derechos individuales y deberes sociales en un asunto que, como la educación, supone un lugar de encuentro privilegiado entre las tecnologías y los valores.

Referencias bibliográficas

- ARRIBAS RAMÍREZ, R. y FERNÁNDEZ GARCÍA, E. (2005): *La basura de la ciudad. Un caso sobre consumo, gestión de residuos y medio ambiente*, Madrid, OEI.
- CAMACHO ÁLVAREZ, A. (2005): *El contrato del dopaje. Un caso sobre deporte, farmacología y valoración pública*, Madrid, OEI.
- CAMACHO ÁLVAREZ, A. y GONZÁLEZ GALBARTE, J. C. (2005): *Las redes del tráfico. Un caso sobre movilidad, gestión del transporte y organización del territorio*, Madrid, OEI.
- GONZÁLEZ GALBARTE, J. C. (2005): *La ciudad de Ahormada. Un caso sobre urbanismo, planificación y participación comunitaria*, Madrid, OEI.
- GRUPO ARGO (2005): *Las antenas de telefonía. Un caso sobre radiaciones, riesgos biológicos y vida cotidiana*, Madrid, OEI.
- (2005): *Las plataformas petrolíferas. Un caso sobre energía, combustibles fósiles y sostenibilidad*, Madrid, OEI.
- LEJARZA PORTILLA, C. y RODRÍGUEZ MARCOS, M. (2005): *El proyecto para el Amazonas. Un caso sobre agua, industrialización y ecología*, Madrid, OEI.
- MARTÍN GORDILLO, M. y OSORIO, C. (2003): “Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica”, en *Revista Iberoamericana de Educación*, n.º 32. OEI, Madrid, pp. 165-210. En línea en <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a08.pdf>
- MARTÍN GORDILLO, M. (2005a): *La vacuna del SIDA. Un caso sobre salud, investigación y derechos sociales*, Madrid, OEI.
- (2005b): “Las decisiones científicas y la participación ciudadana. Un caso CTS sobre investigación biomédica”, en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 2, n.º 1, pp. 38-55. En línea en http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_1/Vol_2_Num_1.htm
- (2005c): *La Cocina de Teresa. Un caso sobre alimentación, automatización y empleo*, Madrid, OEI.
- (2005d): *La escuela en la red. Un caso sobre educación, nuevas tecnologías y socialización*, Madrid, OEI.

Sobre los autores

Mariano Martín Gordillo es Coordinador de Política Educativa de la Consejería de Educación y Ciencia del Principado de Asturias, España.

Juan Carlos Tedesco es Jefe de la Unidad de Planificación y Evaluación Educativa del Ministerio de Educación de Argentina.

José Antonio López Cerezo es Catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia y Director del Departamento de Filosofía de la Universidad de Oviedo, España.

José Antonio Acevedo Díaz, inspector de educación en la Delegación Provincial de Huelva, Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, España.

Javier Echeverría es Profesor de Investigación del Centro Superior de Investigaciones Científicas, España.

Carlos Osorio es profesor de la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, Facultad de Ingeniería, de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.

EDUCACIÓN, CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

¿Es útil la educación científica? ¿Es conveniente enseñar las ciencias en contexto social? ¿Se deben tratar temas controvertidos y cuestiones valorativas en la educación científica? ¿Es la forma en que aprendimos las ciencias el mejor modo de enseñarlas?

Los trabajos que se incluyen en esta publicación sintonizan en la manera de abordar esas cuestiones, pero también en la voluntad de hacer reales sus respuestas en el ámbito iberoamericano. Reflexiones de carácter teórico y propuestas prácticas se conjugan en estas páginas con el propósito de facilitar a los docentes algunas ideas para mejorar su labor en las aulas de ciencias.