

PRIMERA PARTE

¿POR QUÉ ES NECESARIA UNA RENOVACIÓN DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA?

Tal como hemos señalado en la presentación, dedicaremos esta primera parte, que consta de dos capítulos, a mostrar el carácter de objetivo social prioritario de la educación científica. En el capítulo 1 se discute la importancia de la educación científica en la sociedad actual, tanto para la preparación de futuros científicos como por su papel esencial en la formación ciudadana. En el capítulo 2 se analizan las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología transmitidas por la propia enseñanza, que están contribuyendo al fracaso escolar, a las actitudes de rechazo y, consecuentemente, a una grave carencia de candidatos para estudios científicos superiores. Este análisis muestra la necesidad de una reorientación de las estrategias educativas y conduce al esbozo de un modelo de aprendizaje de las ciencias como investigación orientada en torno a situaciones problemáticas de interés.

Éstos son, pues, los capítulos que conforman esta primera parte:

Capítulo 1. *¿Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad?*

Capítulo 2. *¿Qué visiones de la actividad científica tenemos y transmitimos?*

Capítulo 1

¿Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual?

Daniel Gil Pérez, Carlos Sifredo, Pablo Valdés y Amparo Vilches

ALGUNAS CUESTIONES QUE SE ABORDAN EN ESTE CAPÍTULO

- ¿Qué razones pueden avalar la necesidad de una educación científica para todos los ciudadanos y ciudadanas?
- ¿Qué entender por alfabetización científica? ¿Qué añade dicha expresión a la de educación científica?
- ¿Es posible proporcionar a la generalidad de la ciudadanía una formación científica que resulte realmente útil?
- ¿Puede una formación científica general, no especializada, contribuir a hacer posible la participación de las ciudadanas y ciudadanos en la toma fundamentada de decisiones en torno a los problemas a los que debe enfrentarse la humanidad?
- Si se orienta la educación científica para lograr una alfabetización básica de la ciudadanía, ¿no se perjudicará la preparación de los futuros científicos que nuestras sociedades precisan?

EXPRESIONES CLAVE

Alfabetización científica y tecnológica; ciencia como parte de la cultura; inmersión en una cultura científica; interés hacia la ciencia y su aprendizaje; participación ciudadana en la toma de decisiones; relaciones ciencia-tecnología-sociedad (CTS).

INTRODUCCIÓN

Cualquier intento de mejora fundamentada de la educación científica ha de comenzar considerando a quién y por qué proporcionar una educación científica. Son cuestiones como éstas las que nos proponemos abordar y plantear a los lectores en este capítulo.

Sugerimos, pues, comenzar reflexionando acerca de la necesidad, o no, de una educación científica como elemento básico de la formación ciudadana:

Propuesta de trabajo

¿Qué razones pueden avalar la necesidad de una educación científica para todos los ciudadanos y ciudadanas?

Las propuestas actuales a favor de una *alfabetización científica* para todos los ciudadanos y ciudadanas van más allá de la tradicional importancia concedida –más verbal que real– a la educación científica y tecnológica, para hacer posible el desarrollo futuro. Esa educación científica se ha convertido, en opinión de los expertos, en una exigencia urgente, en un factor esencial del desarrollo de las personas y de los pueblos, también a corto plazo.

Así se afirma, por ejemplo, en los National Science Education Standards, auspiciados por el National Research Council (1996), en cuya primera página podemos leer: “En un mundo repleto de productos de la indagación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos: todos necesitamos utilizar la información científica para realizar opciones que se plantean cada día; todos necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología; y todos merecemos compartir la emoción y la realización personal que puede producir la comprensión del mundo natural”. No es extraño, por ello, que se haya llegado a establecer una analogía entre la alfabetización básica iniciada el siglo pasado y el actual movimiento de alfabetización científica y tecnológica (Fourez, 1997).

Más recientemente, en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, se declaraba: “Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico. Como parte de esa educación científica y tecnológica, los estudiantes deberían aprender a resolver problemas concretos y a atender a las necesidades de la sociedad, utilizando sus competencias y conocimientos científicos y tecnológicos”. Y se añade: “Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad, a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a la aplicación de los nuevos conocimientos” (Declaración de Budapest, 1999).

La importancia concedida a la alfabetización científica de todas las personas ha sido también puesta de manifiesto en gran número de investigaciones, publicaciones, congresos y encuentros que, bajo el lema de “Ciencia para Todos”, se vienen realizando (Bybee y DeBoer, 1994; Bybee, 1997; Marco, 2000). De hecho, en numerosos países se están llevando a cabo reformas educativas que contemplan la alfabetización científica y tecnológica como una de sus principales finalidades.

El reconocimiento de esta creciente importancia concedida a la educación científica exige el estudio detenido de cómo lograr dicho objetivo y, muy en particularmente, de cuáles son los obstáculos que se oponen a su consecución. En efecto, la investigación en didáctica de las ciencias ha mostrado reiteradamente el grave fracaso escolar, así como la falta de interés e incluso rechazo que generan las materias científicas (Simpson et al., 1994; Giordan, 1997; Furió y Vilches, 1997).

Nos encontramos, pues, frente a un amplio reconocimiento de la necesidad de una **alfabetización científica**, expresión, como hemos visto en los párrafos anteriores, ampliamente utilizada en la actualidad y en cuyo significado conviene detenerse.

¿QUÉ ENTENDER POR ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA?

En efecto, el concepto de alfabetización científica, hoy en boga, cuenta ya con una tradición que se remonta, al menos, a finales de los años cincuenta (DeBoer, 2000). Pero es, sin duda, durante la última década cuando esa expresión ha adquirido categoría de eslogan amplia y repetidamente utilizado por los investigadores, diseñadores de currículos y profesores de ciencias (Bybee, 1997). Ello debe saludarse, resalta Bybee, como expresión de un amplio movimiento educativo que se reconoce y moviliza tras el símbolo "alfabetización científica". Pero comporta, al propio tiempo, el peligro de una ambigüedad que permite a cada cual atribuirle distintos significados y explica las dificultades para lograr un consenso acerca de hacia dónde y cómo avanzar en su consecución.

De hecho, desde 1995, revistas como el *Journal of Research in Science Teaching* han publicado editoriales con llamamientos para la realización de contribuciones que permitan plantear propuestas coherentes en este campo de investigación e innovación educativas.

Propuesta de trabajo

¿Por qué hablar de alfabetización científica? ¿Qué añade dicha expresión a la de educación científica?

Bybee sugiere acercarse al concepto aceptando su carácter de metáfora. Ello permite, de entrada, rechazar la simplificación inapropiada del concepto a su significado literal: una alfabetización científica, aunque ha de incluir el manejo del vocabulario científico, no debe limitarse a esa definición funcional. Concebir la alfabetización científica como una metáfora permite, pues, enriquecer el contenido que damos a los términos. Y obliga, al mismo tiempo, a su clarificación.

Podemos señalar, por ejemplo, que la idea de *alfabetización* sugiere unos objetivos básicos para *todos* los estudiantes, que convierten a la educación científica en parte de una educación general. El desarrollo de cualquier programa de educación científica, indica Bybee, debiera comenzar con propósitos correspondientes a una educación general. Más aún, hablar de alfabetización científica, de ciencia para todos, supone pensar en un mismo currículo básico para todos los estudiantes, como proponen, por ejemplo, los National Science Curriculum Standards (National Research Council, 1996) y requiere estrategias que eviten las repercusiones de las desigualdades sociales en el ámbito educativo (Bybee y DeBoer, 1994; Baker, 1998; Marchesi, 2000).

Pero, ¿cuál debería ser ese currículo científico básico para todos los ciudadanos? Marco (2000) señala ciertos elementos comunes en las diversas propuestas que ha generado este amplio movimiento de alfabetización científica:

- Alfabetización científica práctica, que permita utilizar los conocimientos en la vida diaria con el fin de mejorar las condiciones de vida, el conocimiento de nosotros mismos, etc.
- Alfabetización científica cívica, para que todas las personas puedan intervenir socialmente, con criterio científico, en decisiones políticas.
- Alfabetización científica cultural, relacionada con los niveles de la naturaleza de la ciencia, con el significado de la ciencia y la tecnología y su incidencia en la configuración social.

Por su parte, Reid y Hodson (1993) proponen que una educación dirigida hacia una cultura científica básica debería contener:

- Conocimientos de la ciencia –ciertos hechos, conceptos y teorías.
- Aplicaciones del conocimiento científico –el uso de dicho conocimiento en situaciones reales y simuladas.
- Habilidades y tácticas de la ciencia –familiarización con los procedimientos de la ciencia y el uso de aparatos e instrumentos.
- Resolución de problemas –aplicación de habilidades, tácticas y conocimientos científicos a investigaciones reales.
- Interacción con la tecnología –resolución de problemas prácticos, enfatización científica, estética, económica y social y aspectos utilitarios de las posibles soluciones.
- Cuestiones socio-económico-políticas y ético-morales en la ciencia y la tecnología.
- Historia y desarrollo de la ciencia y la tecnología.
- Estudio de la naturaleza de la ciencia y la práctica científica –consideraciones filosóficas y sociológicas centradas en los métodos científicos, el papel y estatus de la teoría científica y las actividades de la comunidad científica.

Para ir más allá de un manejo superficial del concepto de alfabetización científica, Bybee (1997) propone distinguir ciertos grados en la misma que denomina, respectivamente, “analfabetismo”, alfabetización “nominal”, “funcional”, “conceptual y procedimental” y, por último, “multidimensional”. Nos detendremos en el significado que da a esta última.

La alfabetización científico-tecnológica multidimensional, señala Bybee, “se extiende más allá del vocabulario, de los esquemas conceptuales y de los métodos procedimentales, para incluir otras dimensiones de la ciencia: debemos ayudar a los estudiantes a desarrollar perspectivas de la ciencia y la tecnología que incluyan la historia de las ideas científicas, la naturaleza de la ciencia y la tecnología y el papel de ambas en la vida personal y social. Éste es el nivel multidimensional de la alfabetización científica (...) Los estudiantes deberían alcanzar una cierta comprensión y apreciación global de la ciencia y la tecnología como empresas que han sido y continúan siendo *parte de la cultura*”.

Podemos apreciar, pues, una convergencia básica de distintos autores en la necesidad de ir más allá de la habitual transmisión de conocimientos científicos, de incluir una aproximación a la naturaleza de la ciencia y a la práctica científica y, sobre todo, de poner

énfasis en las relaciones ciencia-tecnología-sociedad (CTS), con vistas a favorecer la participación ciudadana en la toma fundamentada de decisiones (Aikenhead, 1985).

Se trata de aspectos sobre los que tendremos oportunidad de profundizar a lo largo de los capítulos del libro. Antes es preciso detenerse en analizar la argumentación de algunos autores que han venido a poner en duda la conveniencia e incluso la posibilidad de que la generalidad de los ciudadanos y ciudadanas adquieran una formación científica realmente útil.

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA: ¿NECESIDAD O MITO IRREALIZABLE?

La posibilidad y conveniencia de educar científicamente al conjunto de la población ha sido cuestionada por algunos autores (Atkin y Helms, 1993; Shamos, 1995; Fensham 2002a y 2002b), en trabajos bien documentados que pretenden “sacudir aparentes evidencias”, como sería, en su opinión, la necesidad de alfabetizar científicamente a toda la población, algo que Shamos califica de auténtico mito en su libro *The Myth Of Scientific Literacy* (Shamos, 1995). Conviene, pues, prestar atención a los argumentos críticos de estos autores y analizar más cuidadosamente las razones que justifican las propuestas de “Ciencia para Todos”.

Propuesta de trabajo

*¿Es posible proporcionar a la generalidad de la ciudadanía una formación
científica que resulte realmente útil?*

En opinión de Fensham (2002b), el movimiento ciencia para todos y las primeras discusiones sobre la alfabetización científica se basaban en dos ideas preconcebidas. La primera, que denomina tesis *pragmática*, considera que, dado que las sociedades se ven cada vez más influidas por las ideas y productos de la ciencia y, sobre todo, de la tecnología, los futuros ciudadanos se desenvolverán mejor si adquieren una base de conocimientos científicos. La segunda, o tesis *democrática*, supone que la alfabetización científica permite a los ciudadanos participar en las decisiones que las sociedades deben adoptar en torno a problemas sociocientíficos y sociotecnológicos cada vez más complejos.

Pero la tesis pragmática, afirma Fensham, no tiene en cuenta el hecho de que la mayoría de los productos tecnológicos están concebidos para que los usuarios no tengan ninguna necesidad de conocer los principios científicos en los que se basan para poder utilizarlos. Hay que reconocer que ésta es una crítica fundamentada: nadie puede desenvolverse hoy sin saber leer y escribir o sin dominar las operaciones matemáticas más simples, pero millones de ciudadanos, incluidas eminentes personalidades, en cualquier sociedad, reconocen su falta de conocimientos científicos, sin que ello haya limitado para nada su vida práctica. La analogía entre alfabetización básica y alfabetización científica, concluían ya por ello Atkin y Helms (1993), no se sostiene.

Por lo que respecta a la tesis democrática, pensar que una sociedad científicamente alfabetizada está en mejor situación para actuar racionalmente frente a los problemas socio-científicos, constituye, según Fensham, una ilusión que ignora la complejidad de

los conceptos científicos implicados, como sucede, por ejemplo, con el calentamiento global. Es absolutamente irrealista, añade, creer que este nivel de conocimientos pueda ser adquirido, ni siquiera en las mejores escuelas. Un hecho clarificador a ese respecto es el resultado de una encuesta financiada por la American Association for the Advancement of Sciences (AAAS), que consistió en pedir a un centenar de eminentes científicos de distintas disciplinas que enumeraran los conocimientos científicos que deberían impartirse en los años de escolarización obligatoria para garantizar una adecuada alfabetización científica de los niños y niñas norteamericanos. El número total de aspectos a cubrir, señala Fensham, desafía el entendimiento y resulta superior a la suma de todos los conocimientos actualmente impartidos a los estudiantes de élite que se preparan como futuros científicos.

Argumentos como éstos son los que llevan a autores como Shamos, Fensham, etc., a considerar la alfabetización científica como un mito irrealizable, causante, además, de un despilfarro de recursos. ¿Debemos, pues, renunciar a la idea de una educación científica básica para todos? No es ése nuestro planteamiento, pero críticas como las de Fensham obligan, a quienes concebimos la alfabetización científica como una componente esencial de las humanidades, a profundizar en las razones que recomiendan que la educación científica y tecnológica forme parte de una cultura general para toda la ciudadanía, sin darlo simplemente por sentado como algo obvio.

CONTRIBUCIÓN DE LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA A LA FORMACIÓN CIUDADANA

Nos proponemos en este apartado considerar con cierta atención qué puede realmente aportar la educación científica y tecnológica a la formación ciudadana.

Propuesta de trabajo

¿Puede una formación científica general, no especializada, hacer posible la participación de las ciudadanas y ciudadanos en la toma fundamentada de decisiones en torno a los problemas a los que debe enfrentarse la humanidad?

Como hemos señalado, numerosas investigaciones, proyectos educativos como los *National Science Education Standards* (National Research Council, 1996) y conferencias internacionales como la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI (Declaración de Budapest, 1999), ponen el acento en la necesidad de una formación científica que permita a la ciudadanía *participar en la toma de decisiones*, en asuntos que se relacionan con la ciencia y la tecnología.

Este argumento “democrático” es, quizás, el más ampliamente utilizado por quienes reclaman la alfabetización científica y tecnológica como una componente básica de la educación ciudadana (Fourez, 1997; Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Marco, 2000...). Y es también el que autores como Fensham (2002a y 2002b) cuestionan más directa y explícitamente, argumentando, como hemos visto, que el conocimiento científico, susceptible de orientar la toma de decisiones, exige una profundización que sólo es accesible a los especialistas. Analizaremos, pues, sus argumentos, que no son, en absoluto, triviales, y

que, en su opinión y en la de otros autores en quienes se apoyan, cuestionarían las propuestas de educación científica para todos.

Intentaremos mostrar, sin embargo, que esa *participación*, en la toma fundamentada de decisiones, precisa de los ciudadanos, más que un nivel de conocimientos muy elevado, la vinculación de *un mínimo* de conocimientos específicos, perfectamente accesible a la ciudadanía, con planteamientos globales y consideraciones éticas que no exigen especialización alguna. Más concretamente, intentaremos mostrar que la posesión de profundos conocimientos específicos, como los que tienen los especialistas en un campo determinado, no garantiza la adopción de decisiones adecuadas, sino que *se necesitan enfoques que contemplen los problemas en una perspectiva más amplia*, analizando las posibles repercusiones a medio y largo plazo, tanto en el campo considerado como en otros. Y eso es algo a lo que pueden *contribuir* personas que no sean especialistas, con perspectivas e intereses más amplios, siempre que posean un mínimo de conocimientos científicos específicos sobre la problemática estudiada, sin los cuales resulta imposible comprender las opciones en juego y *participar* en la adopción de decisiones fundamentadas. Esperamos responder, de este modo, a los argumentos de quienes consideran la alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía un mito irrealizable y, por tanto, sin verdadero interés.

Analizaremos para ello, como ejemplo paradigmático, el problema creado por los fertilizantes químicos y pesticidas que, a partir de la Segunda Guerra Mundial, produjeron una verdadera revolución agrícola, incrementando notablemente la producción. Recordemos que la utilización de productos de síntesis para combatir los insectos, plagas, malezas y hongos aumentó la productividad en un período en el que un notable crecimiento de la población mundial lo exigía. Y recordemos igualmente que, algunos años después, la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988) advertía que su exceso constituye una amenaza para la salud humana, provocando desde malformaciones congénitas hasta cáncer, y siendo auténticos venenos para peces, mamíferos y pájaros. Por ello dichas sustancias, que se acumulan en los tejidos de los seres vivos, han llegado a ser denominadas, junto con otras igualmente tóxicas, "Contaminantes Orgánicos Persistentes" (COP).

Este envenenamiento del planeta por los productos químicos de síntesis, y en particular por el DDT, ya había sido denunciado a finales de los años cincuenta por Rachel Carson (1980) en su libro *Primavera silenciosa* (título que hace referencia a la desaparición de los pájaros), en el que daba abundantes y contrastadas pruebas de los efectos nocivos del DDT, lo que no impidió que fuera violentamente criticada y sufriera un acoso muy duro por parte de la industria química, los políticos y *numerosos científicos*, que negaron valor a sus pruebas y le acusaron de estar contra un progreso que permitía dar de comer a una población creciente y salvar así muchas vidas humanas. Sin embargo, apenas diez años más tarde se reconoció que el DDT era realmente un peligroso veneno y se prohibió su utilización en el mundo rico, aunque, desgraciadamente, se siguió utilizando en los países en desarrollo.

Lo que nos interesa destacar aquí es que la batalla contra el DDT fue dada por científicos como Rachel Carson *en confluencia con grupos ciudadanos* que fueron sensibles a sus llamadas de atención y argumentos. De hecho, Rachel Carson es hoy recordada como "madre del movimiento ecologista", por la enorme influencia que tuvo su libro en el surgimiento de grupos activistas que reivindicaban la necesidad de la protección del medio ambiente, así como en los orígenes del denominado movimiento CTS. Sin la acción de estos grupos de ciudadanos y ciudadanas *con capacidad para comprender los argumentos de Carson*, la prohibición se hubiera producido mucho más tarde, con efectos aún más

devastadores. Conviene, pues, llamar la atención sobre la influencia de estos “activistas ilustrados” y su indudable participación en la toma de decisiones, al hacer suyos los argumentos de Carson y exigir controles rigurosos de los efectos del DDT, que acabaron convenciendo a la comunidad científica y, posteriormente, a los legisladores, obligando a su prohibición. Y conviene señalar también que muchos científicos, con un nivel de conocimientos sin duda muy superior al de esos ciudadanos, no supieron o no quisieron ver, *inicialmente*, los peligros asociados al uso de plaguicidas.

Podemos mencionar casos similares, como por ejemplo entre otros, los relacionados con la construcción de las centrales nucleares y el almacenamiento de los residuos radiactivos; el uso de los “freones” (compuestos fluorclorocarbonados), destructores de la capa de ozono; el incremento del efecto invernadero, debido fundamentalmente a la creciente emisión de CO₂, que amenaza con un cambio climático global de consecuencias devastadoras; los alimentos manipulados genéticamente, etc.

Conviene detenerse mínimamente en el ejemplo de los alimentos transgénicos, que está suscitando hoy los debates más encendidos y que puede ilustrar perfectamente el papel de la ciudadanía en la toma de decisiones. También en este terreno las cosas empezaron planteándose como algo positivo que, entre otras ventajas, podría reducir el uso de pesticidas y herbicidas y convertirse en “la solución definitiva para los problemas del hambre en el mundo”. Algo que, además, abría enormes posibilidades en el campo de la salud, para el tratamiento o curación de enfermedades incurables con los conocimientos y técnicas actuales. Así, en 1998, el director general de una de las más fuertes y conocidas empresas de organismos manipulados genéticamente (OGM) y alimentos derivados, en la asamblea anual de la Organización de la Industria de la Biotecnología, afirmó que “de algún modo, vamos a tener que resolver cómo abastecer de alimentos a una demanda que duplica la actual, sabiendo que es imposible doblar la superficie cultivable. Y es imposible, igualmente, aumentar la productividad usando las tecnologías actuales, sin crear graves problemas a la sostenibilidad de la agricultura (...) La biotecnología representa una solución potencialmente sostenible al problema de la alimentación” (Vilches y Gil Pérez, 2003).

Pero no todos han estado de acuerdo con una visión tan optimista, y muy pronto surgieron las preocupaciones por sus posibles riesgos para el medio ambiente, para la salud humana, para el futuro de la agricultura, etc. Una vez más, señalaron los críticos, se pretende proceder a una aplicación apresurada de tecnologías cuyas repercusiones no han sido suficientemente investigadas, sin tener garantías razonables de que no aparecerán efectos nocivos... como ocurrió con los plaguicidas, que también fueron saludados como “la solución definitiva” al problema del hambre y de muchas enfermedades infecciosas.

Nos encontramos, pues, con un amplio debate abierto, con estudios inacabados y resultados parciales contrapuestos (muchos de ellos presentados por las propias empresas productoras). Esas discrepancias entre los propios científicos son esgrimidas en ocasiones como argumento para cuestionar la participación de la ciudadanía en un debate “en el que ni siquiera los científicos, con conocimientos muy superiores, se ponen de acuerdo”. Pero cabe insistir, una vez más, en que la toma de decisiones no puede basarse exclusivamente en argumentos científicos específicos. Por el contrario, las preocupaciones que despierta la utilización de estos productos, y las dudas a cerca de sus repercusiones, recomiendan que los ciudadanos y ciudadanas tengan la oportunidad de participar en el debate y exigir una estricta aplicación del principio de prudencia. Ello no cuestiona, desde luego, el desarrollo de la investigación ni en este ni en ningún otro campo, pero se opone a la

aplicación apresurada, sin suficientes garantías, de los nuevos productos, por el afán del beneficio a corto plazo. Es absolutamente lógico, pues, que haya surgido un significativo movimiento de rechazo entre los consumidores, *apoyado por un amplio sector de la comunidad científica*, hacia la comercialización precipitada y poco transparente de estos alimentos manipulados genéticamente. Cabe señalar que este rechazo está dando notables frutos, como la firma en Montreal del Protocolo de Bioseguridad en febrero de 2000 por 130 países, a pesar de las enormes dificultades previas y presiones de los países productores de organismos modificados genéticamente. Dicho protocolo, enmarcado en el Convenio sobre Seguridad Biológica de la ONU, supone un paso importante en la legislación internacional (aunque todavía no plenamente consolidado, por la falta de firmas como la de EEUU), puesto que *obliga a demostrar la seguridad antes de comercializar los productos*, evitando así que se repitan los graves errores del pasado.

Debemos insistir en que esta participación de la ciudadanía en la toma de decisiones, que se traduce, en general, en evitar la aplicación apresurada de innovaciones de las que se desconocen las consecuencias a medio y largo plazo, no supone ninguna rémora para el desarrollo de la investigación, ni para la introducción de innovaciones para las que existan razonables garantías de seguridad. De hecho, la opinión pública no se opone, por ejemplo, a *la investigación* con células madre embrionarias. Muy al contrario, está apoyando a la mayoría de la comunidad científica que reclama se levante la prohibición introducida en algunos países, debido a la presión de grupos ideológicos fundamentalistas.

En definitiva, la participación ciudadana en la toma de decisiones es hoy un hecho positivo, una garantía de aplicación del principio de precaución, que se apoya en una creciente sensibilidad social frente a las implicaciones del desarrollo tecnocientífico que puedan comportar riesgos para las personas o el medio ambiente. Dicha participación, hemos de insistir, reclama un mínimo de formación científica que haga posible la comprensión de los problemas y de las opciones –que se pueden y se deben expresar con un lenguaje accesible– y no ha de verse rechazada con el argumento de que problemas como el cambio climático o la manipulación genética sean de una gran complejidad. Naturalmente se precisan estudios científicos rigurosos, pero tampoco ellos, por sí solos, bastan para adoptar decisiones adecuadas, puesto que, a menudo, la dificultad estriba, antes que en la falta de conocimientos, en la ausencia de un planteamiento global que evalúe los riesgos y contemple las posibles consecuencias a medio y largo plazo. Muy ilustrativo a este respecto puede ser el enfoque dado a las *catástrofes anunciadas*, como la provocada por el hundimiento de petroleros como el Exxon Valdez, Erika, Prestige... que se intenta presentar como “accidentes” (Vilches y Gil Pérez, 2003).

Todo ello constituye un argumento decisivo a favor de una alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía, cuya necesidad aparece cada vez con más claridad ante la situación de auténtica “emergencia planetaria” (Bybee, 1991) que estamos viviendo. Así, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992 y conocida como *Primera Cumbre de la Tierra*, se reclamó una decidida acción de los educadores para que los ciudadanos y ciudadanas adquieran una correcta percepción de cuál es esa situación y *puedan participar en la toma de decisiones fundamentadas* (Edwards et al., 2001; Gil-Pérez et al., 2003; Vilches y Gil-Pérez, 2003). Como señalan Hicks y Holden (1995), si los estudiantes han de llegar a ser ciudadanos y ciudadanas responsables, es preciso que les proporcionemos ocasiones para analizar los problemas globales que caracterizan esa situación de emergencia planetaria y considerar las posibles soluciones.

Así pues, la alfabetización científica no sólo no constituye un “mito irrealizable” (Shamos, 1995), sino que se impone como una dimensión esencial de la cultura ciudadana. Cabe señalar, por otra parte, que la reivindicación de esta dimensión no es el fruto de “una idea preconcebida” aceptada acríticamente, como afirma Fensham (2002_a y 2002_b). Muy al contrario, el prejuicio ha sido y sigue siendo que “la mayoría de la población es incapaz de acceder a los conocimientos científicos, que exigen un alto nivel cognitivo”, lo que implica, obviamente, reservarlos a una pequeña élite. El rechazo de la alfabetización científica recuerda así la sistemática resistencia histórica de los privilegiados a la extensión de la cultura y a la generalización de la educación (Gil Pérez y Vilches, 2001). Y su reivindicación forma parte de la batalla de las fuerzas progresistas por vencer dichas resistencias, que constituyen el verdadero prejuicio acrítico. Podemos recordar a este respecto la frase del gran científico francés Paul Langevin, quien en 1926 escribía: “En reconocimiento del papel jugado por la ciencia en la liberación de los espíritus y la confirmación de los derechos del hombre, el movimiento revolucionario hace un esfuerzo considerable para introducir la enseñanza de las ciencias en la cultura general y conformar esas humanidades modernas que aún no hemos logrado establecer”. Sin embargo, no parece que ese reconocimiento se haya generalizado después de todos estos años. Como señalábamos al principio del capítulo, son numerosas las investigaciones que señalan la falta de interés del alumnado hacia los estudios científicos. Podríamos preguntarnos si en realidad no es de esperar ese desinterés frente al estudio de una actividad tan racional y compleja como la ciencia.

Propuesta de trabajo

¿Hasta qué punto puede interesar a los adolescentes el estudio de campos como, por ejemplo, la mecánica? ¿Acaso no se trata de materias abstractas, puramente formales, que constituyen cuerpos de conocimientos cerrados dogmáticos?

Las acusaciones de dogmatismo, de abstracción formalista carente de significatividad, etc., pueden considerarse justas si se refieren a la forma en que la enseñanza presenta habitualmente esas materias. Pero, ¿cómo aceptar que el desarrollo de la mecánica, o de cualquier otro campo de la ciencia, constituya una materia abstracta, puramente formal? Basta asomarse a la historia de las ciencias para darse cuenta del carácter de verdadera aventura, de lucha apasionada y apasionante por la libertad de pensamiento –en la que no han faltado ni persecuciones ni condenas– que el desarrollo científico ha tenido.

La recuperación de esos aspectos históricos y de relación ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA), sin dejar de lado los problemas que han jugado un papel central en el cuestionamiento de dogmatismos y en la defensa de la libertad de investigación y pensamiento, puede contribuir a devolver al aprendizaje de las ciencias la vitalidad y relevancia del propio desarrollo científico. Los debates en torno al heliocentrismo, el evolucionismo, la síntesis orgánica, el origen de la vida... constituyen ejemplos relevantes.

Pero el aprendizaje de las ciencias puede y debe ser también una aventura potenciadora del espíritu crítico en un sentido más profundo: la aventura que supone enfrentarse a problemas abiertos, participar en la construcción tentativa de soluciones... la aventura, en definitiva, de hacer ciencia. El problema es que la naturaleza de la ciencia aparece

distorsionada en la educación científica, incluso universitaria. Ello plantea la necesidad de superación de visiones deformadas y empobrecidas de la ciencia y la tecnología, socialmente aceptadas, que afectan al propio profesorado.

Dedicaremos el segundo capítulo a cuestionar dichas visiones deformadas, pero antes, para terminar este capítulo, discutiremos otra de las razones esgrimidas en contra de la idea de alfabetización científica del conjunto de la población.

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA VERSUS PREPARACIÓN DE FUTUROS CIENTÍFICOS

Antes de dar por válida la idea de una alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía, conviene reflexionar en torno a los posibles efectos negativos de esta orientación sobre la preparación de futuros científicos.

Propuesta de trabajo

Si se orienta la educación científica para lograr una alfabetización

básica de la ciudadanía, ¿hasta qué punto no se perjudicará la

preparación de los futuros científicos que nuestras sociedades precisan?

Una tesis comúnmente aceptada por los diseñadores de currículos y los profesores de ciencias es que la educación científica ha estado orientada hasta aquí para preparar a los estudiantes como si todos pretendieran llegar a ser especialistas en biología, física o química. Por ello -se afirma- los currículos planteaban, como objetivos prioritarios, que los estudiantes supieran, fundamentalmente, los conceptos, principios y leyes de esas disciplinas.

Dicha orientación habría de modificarse –se explica– *a causa de* que la educación científica se plantea ahora como parte de una educación general para todos los futuros ciudadanos y ciudadanas. *Ello es lo que justifica*, se argumenta, el énfasis de las nuevas propuestas curriculares en los aspectos sociales y personales, puesto que se trata de ayudar a la gran mayoría de la población a tomar conciencia de las complejas relaciones ciencia y sociedad, para permitirles participar en la toma de decisiones y, en definitiva, a considerar la ciencia como parte de la cultura de nuestro tiempo.

Esta apuesta por una educación científica orientada a la formación ciudadana, *en vez de* a la preparación de futuros científicos, genera resistencias en numerosos profesores, quienes argumentan, legítimamente, que la sociedad necesita científicos y tecnólogos que han de formarse y ser adecuadamente seleccionados desde los primeros estadios.

En ambas actitudes –tanto la que defiende la alfabetización científica para todos como la que prioriza la formación de futuros científicos– se aprecia claramente una misma aceptación de la contraposición entre dichos objetivos. Pero es preciso denunciar la falacia de esta contraposición entre ambas orientaciones curriculares y de los argumentos que supuestamente la avalan.

Cabe insistir, en primer lugar, que una educación científica como la practicada hasta aquí, tanto en la secundaria como en la misma universidad, centrada casi exclusivamente

en los aspectos conceptuales, es igualmente criticable como preparación de futuros científicos. Esta orientación transmite una visión deformada y empobrecida de la actividad científica, que no sólo contribuye a una imagen pública de la ciencia como algo ajeno e inasequible –cuando no directamente rechazable–, sino que está haciendo disminuir drásticamente el interés de los jóvenes por dedicarse a la misma (Matthews, 1991; Solbes y Vilches, 1997).

Ya hemos señalado que dedicaremos el siguiente capítulo a analizar dichas deformaciones, estudiando sus consecuencias y la forma de superarlas. Aquí terminaremos insistiendo en que esta enseñanza centrada en los aspectos conceptuales, supuestamente orientada a la formación de futuros científicos, *dificulta*, paradójicamente, el aprendizaje conceptual. En efecto, la investigación en didáctica de las ciencias está mostrando que “los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones científicas, con tal de que haya suficientes oportunidades y apoyo para la reflexión” (Hodson, 1992). Dicho con otras palabras, lo que la investigación está mostrando es que *la comprensión significativa de los conceptos exige superar el reduccionismo conceptual* y plantear el aprendizaje de las ciencias como una actividad, próxima a la investigación científica, que integre los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Tras la idea de alfabetización científica no debe verse, pues, una “desviación” o “rebaja” para hacer asequible la ciencia a la generalidad de los ciudadanos, sino una reorientación de la enseñanza absolutamente necesaria *también* para los futuros científicos; necesaria para modificar la imagen deformada de la ciencia hoy socialmente aceptada y luchar contra los movimientos anticiencia que se derivan; necesaria incluso, insistimos, para hacer posible una adquisición significativa de los conceptos.

De ninguna forma puede aceptarse, pues, que el habitual reduccionismo conceptual constituya una exigencia de la preparación de futuros científicos, contraponiéndola a las necesidades de la alfabetización científica de los ciudadanos y ciudadanas. La mejor formación científica inicial que puede recibir un futuro científico coincide con la orientación a dar a la alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía. Esta convergencia se muestra de una forma todavía más clara cuando se analizan con algún detalle las propuestas de alfabetización científica y tecnológica (Bybee, 1997). La tesis básica de Bybee –coincidente, en lo esencial, con numerosos autores– es que dicha alfabetización exige, precisamente, la inmersión de los estudiantes en una cultura científica. El conjunto de este libro está destinado a presentar con algún detalle qué entendemos por esa inmersión.

NOTA:

Este capítulo ha sido preparado a partir de los siguientes artículos:

GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, pp.27-37.

GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2004). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación* (en prensa).

Referencias bibliográficas en este capítulo

AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69(4), 453-475.

ATKIN, J. M. y HELMS, J. (1993). Getting serious about priorities in science education. *Studies in Science Education*, 21, 1-20.

BAKER, D. R. (1998). Equity Issues in Science Education. En Fraser, B. J. y Tobin, K. G. (Eds.), *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.

BYBEE, R. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153.

BYBEE, R. (1997). Towards an Understanding of Scientific Literacy. En Graeber, W. y Bolte, C. (Eds.), *Scientific Literacy*. Kiel: IPN.

BYBEE, R. y DeBOER, G. E. (1994). Research on goals for the science curriculum. En Gabel, D. L. *Handbook of Research in Science Teaching and Learning*. New York: McMillan P.C.

CARSON, R. (1980). *Primavera silenciosa*. Barcelona: Grijalbo.

COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza.

DeBOER, G. E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.

DE BUDAPEST (1999). DECLARACIÓN DE BUDAPEST (1999). Marco general de acción de la Declaración de Budapest, <http://www.oei.org.co/cts/budapest.dec.htm>.

EDWARDS, M., GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., PRAIA, J., VALDÉS, P., VITAL, M. L., CAÑAL, P., DEL CARMEN, L., RUEDA, C. y TRICÁRICO, H. (2001). Una propuesta para la transformación de las percepciones docentes acerca de la situación del mundo. Primeros resultados. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 15, 37-67.

FENSHAM, P. J. (2002a). Time to change Drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1), 9-24.

FENSHAM, P. J. (2002b). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(2), 133-149.

FOUREZ, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.

FURIÓ, C. y VILCHES, A. (1997). Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. En del Carmen, L. (Coord.), *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. 47-71. Barcelona: Horsori.

GIORDAN, A. (1997). ¿Las ciencias y las técnicas en la cultura de los años 2000? *Kikiriki*, nº 44-45, 33-34.

GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.

- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. y OLIVEIRA, T. (2003). A proposal to enrich teachers' perception of the state of the world. First results. *Environmental Education Research*, 9(1), 67-90.
- HICKS, D. y HOLDEN, C. (1995). Exploring the future a Missing Dimension in Environmental Education. *Environmental Education Research*, 1(2), 185-193.
- HODSON, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.
- LANGÉVIN, P. (1926). La valeur éducative de l'histoire des sciences. *Bulletin de la Société Française de Pédagogie*, 22, décembre 1926.
- MARCO, B. (2000). La alfabetización científica. En Perales, F. y Cañal, P. (Eds.),: *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 141-164. Alcoy: Marfil.
- MARCHESI, A. (2000). Un sistema de indicadores de desigualdad educativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 23, 135-163.
- MATTHEWS, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las Ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, 141-155.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. Washington D.C.: National Academy Press.
- REID, D. V. y HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.
- SHAMOS, M. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick (N. J.): Rutgers University Press.
- SIMPSON, R. D., KOBALA, T. R., OLIVER, J. S. y CRAWLEY, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science learning. En Gabel, D. L. (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. N.Y.: McMillan Pub Co.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386.
- VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.