

**UNA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA PARA EL SIGLO XXI  
OBSTÁCULOS Y PROPUESTAS DE ACTUACIÓN**

Daniel Gil Pérez. Universitat de València

Amparo Vilches Peña. Instituto de Enseñanza Secundaria "Sorolla". Valencia

Publicado en *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37. (2001)

**RESUMEN**

En este trabajo se defiende la tesis de que una alfabetización científica común para todos los ciudadanos y ciudadanas, orientada a favorecer su inmersión en una cultura científica y que destaque particularmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, es también la mejor forma de iniciar la preparación de los futuros científicos. Con vistas a lograr este objetivo de una alfabetización científica como parte esencial de una educación general de toda la población se pasa revista a algunos obstáculos que es preciso superar.

**SUMMARY**

We try to justify that a scientific literacy for all citizens, oriented to favour their immersion in a scientific culture, and to show very particularly the importance of the science-technology-society interactions, is also the best way to initiate the training of future scientists. Aiming this scientific literacy as an essential part of a general education for everybody, we review some obstacles to overcome.

**RESUMÉE**

Dans cet article nous essayons de montrer qu'une alphabétisation scientifique commune pour tous les citoyens et citoyennes, orientée à favoriser leur immersion dans une culture scientifique et à montrer l'importance des relations science/technologie/ société, est aussi la meilleur forme d'initier la préparation des futures scientifiques. En vue d'atteindre cet objectif d'une alphabétisation scientifique comme un élément essentiel d'une éducation générale de toute la population, nous passons revue à quelques obstacles qu'il est nécessaire de surmonter.

El tema de este artículo responde a una sugerencia del Equipo de Dirección de *Investigación en la Escuela* para una posible contribución a este número conmemorativo de sus 15 años de publicación. Un número destinado a presentar, según rezaba la carta de invitación, "una panorámica global de los problemas y obstáculos que

subsisten en la educación escolar actual, en los inicios de un nuevo siglo, así como un conjunto de propuestas de actuación necesarias para avanzar en la superación efectiva de dichas dificultades".

Coincidimos plenamente en la apreciación de que la alfabetización científica constituye uno de los más serios problemas que subsisten en la educación escolar actual y que más necesita de nuevas propuestas de actuación. Un problema estrechamente ligado, pensamos, al debate que está generando la ampliación de la escolaridad obligatoria y que merece una cuidadosa atención para no quedar prisioneros de evidencias bloqueadoras. Hemos aceptado por ello el reto de presentar nuestras reflexiones y planteamientos acerca de cómo lograr dicha alfabetización. Unos planteamientos que contemplan la educación científica como un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo (Furió y Vilches, 1997) y que se apoyan, además de en nuestra experiencia como profesores de secundaria -la etapa fundamental para plantear la alfabetización científica de los futuros ciudadanos y ciudadanas-, en la ya amplia investigación existente al respecto.

### **¿Por qué la alfabetización científica constituye un serio problema en la educación escolar actual?**

La consideración de la alfabetización científica como uno de los problemas más preocupantes de la educación escolar actual responde a un doble hecho: la comprensión de la *necesidad* de una educación científica para todos y la constatación de las *dificultades* que la misma plantea.

Por lo que se refiere a la necesidad, cabe señalar que la propuesta actual de una alfabetización científica para todos los ciudadanos y ciudadanas, va más allá de la tradicional importancia concedida –más verbal que realmente- a la educación científica y tecnológica, para hacer posible el desarrollo *futuro*. Esa alfabetización 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, p.e., 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 aplicaciones 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, como en el caso de España, 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 particular, 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 que generan las materias científicas, así como la falta de interés e incluso el rechazo de los estudios científicos por muchos estudiantes (Simpson y otros, 1994; Giordan, 1997; Furió y Vilches, 1997).

Éstas son, pues, las razones que han llevado a incluir la alfabetización científica en la "panorámica global de los problemas y obstáculos que subsisten en la educación escolar actual", que pretende realizar este número de *Investigación en la Escuela*. Un obstáculo que afecta al significado mismo de la expresión alfabetización científica, que aparece hoy como un eslogan, utilizado profusamente y con significados muy diversos (Membiela, 1997), lo que exige un esfuerzo de clarificación (Bybee, 1997). Nos detendremos, en primer lugar, en intentar esa clarificación.

### **¿Qué entender por alfabetización científica?**

El concepto de alfabetización científica, hoy en voga, cuenta ya con una tradición que se remonta, al menos, a finales de los años 50 (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 que no exista todavía un consenso acerca de hacia dónde y cómo avanzar en su consecución.

Por ello 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 impidan la incidencia de las desigualdades sociales en el ámbito educativo (Bybee y DeBoer, 1994; Baker, 1994; 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, que se plantee y cuestione el significado de la ciencia y de 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*".

Reencontramos aquí la tesis de 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”.

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, con vistas a favorecer la participación ciudadana en la toma fundamentada de decisiones (Aikenhead, 1985).

Sin embargo, estas propuestas de educación para todos son planteadas, a menudo, como contrapuestas a la preparación de futuros científicos. Nos detendremos mínimamente en discutir esta supuesta contraposición.

### **¿Alfabetización científica versus ciencia para futuros científicos?**

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 ha debido 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.

Algunos investigadores parecen aceptar esta contraposición entre educación científica para todos y preparación de los futuros científicos. Así, Fenshman (1988) o el mismo Bybee (1997) sostienen que, en muchos aspectos, los objetivos de enseñar ciencias para futuros científicos y para futuros ciudadanos son contradictorios, no complementarios. Un programa de ciencias para futuros científicos contemplaría la ciencia "desde dentro", mientras que el programa para futuros ciudadanos lo haría desde la perspectiva de la sociedad. *Ello es lo que justifica*, se afirma, el énfasis actual de los currículos en los aspectos sociales y personales (National Research Council, 1996), 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.

Es preciso pronunciarse con claridad contra estas explicaciones de los cambios curriculares. Una educación científica, como la practicada hasta aquí, centrada en los aspectos conceptuales es igualmente criticable como preparación de futuros científicos.

En efecto, esta orientación, en primer lugar, transmite una visión deformada y empobrecida de la actividad científica, que no solo contribuye a una imagen pública de la ciencia como algo ajeno e inasequible -cuando no directamente rechazable-, sino que puede hacer disminuir el interés de los jóvenes por dedicarse a la misma. La gravedad y la extensión de estas deformaciones ha sido puesta de relieve por numerosas investigaciones (Fernández, 2000).

Dichos estudios han mostrado las discrepancias entre la visión de la ciencia proporcionada por la epistemología contemporánea y ciertas concepciones y prácticas docentes, ampliamente extendidas, que conciben la actividad científica como un conjunto rígido de etapas a seguir mecánicamente (observación, acumulación de datos,...), resaltando lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc., pero olvidando -o, incluso, rechazando- todo lo que significa invención, creatividad, duda...

Por otra parte, los conocimientos científicos fruto de esta metodología, aparecen como "descubrimientos" de genios aislados, encerrados en torres de marfil y ajenos a las necesarias tomas de decisión, ignorándose así tanto el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos, como las complejas relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS). Todo ello hace que una enseñanza supuestamente dirigida a la formación de científicos, proporcione una imagen de la ciencia que, además de falsa, resulta escasamente atractiva, dificultando la génesis de vocaciones científicas (Solbes y Vilches, 1997).

Cabe resaltar, además, que esta enseñanza centrada en los aspectos conceptuales, dificulta, paradójicamente, el aprendizaje conceptual (amén de proporcionar una visión empobrecida de la ciencia). En efecto, la reciente investigación didáctica, tanto en el campo de las preconcepciones como en el de los trabajos prácticos, la resolución de problemas, etc., 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 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 la enseñanza de las ciencias como una actividad, próxima a la investigación científica, que integra los aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos.

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 anti-ciencia que se derivan; necesaria incluso, insistimos, para hacer posible una adquisición significativa de los conceptos. Y aunque es cierto que, como afirma Bybee, la alfabetización científica debe concebirse como un continuo que puede desarrollarse a lo largo de la vida de cada cual (y que, por supuesto, unos desarrollarán más que otros), resulta esencial romper con interpretaciones erróneas de lo que supone esa alfabetización y valorar positivamente la orientación multidimensional de la educación científica *para todos, incluidos los propios científicos*.

Ahora bien, ¿cómo lograr esa alfabetización multidimensional? La tesis básica de Bybee -coincidente, en lo esencial, con numerosos autores- es que ello exige la inmersión de los estudiantes en una cultura científica.

### **La inmersión en una cultura científica**

La metáfora de la alfabetización permite a Bybee (1997) recordar que una de las formas más eficaces de alfabetizarse en una lengua es por inmersión en la cultura de esa lengua. Similarmente, cabe suponer que la inmersión en una cultura científica constituya una forma excelente de favorecer la alfabetización científica. Esta tesis, que supone en definitiva aproximar el aprendizaje de las ciencias a una investigación, ha sido expresada, de una u otra forma, por numerosos autores y aparece como un fruto esencial de la investigación en didáctica de las ciencias, como reflejan los diversos handbooks ya aparecidos (Gabel, 1994; Fraser y Tobin, 1998; Perales y Cañal, 2000).

En síntesis, estas investigaciones apuntan a la necesidad de pasar de la simple transmisión de conocimientos ya elaborados —que ha mostrado reiteradamente su

ineficacia- a plantear el aprendizaje como construcción de conocimientos a través del tratamiento de situaciones problemáticas que los estudiantes puedan considerar de interés.

Se propone, así, un tratamiento que no puede traducirse en fórmulas sencillas, sino que ha de contemplarse *como una actividad con aspiración científica*, abierta y creativa, debidamente orientada por el profesor, que incluya, entre otros (Gil y otros, 1999):

\* *La consideración del posible interés y relevancia de las situaciones* propuestas que dé sentido a su estudio y evite que los alumnos se vean sumergidos en el tratamiento de una situación sin haber podido siquiera formarse una primera idea motivadora.

\* *El estudio cualitativo de las situaciones problemáticas* planteadas y la toma de decisiones, para acotar problemas y operativizar qué es lo que se busca (oportunidad para que los estudiantes comiencen a explicitar *funcionalmente* sus concepciones).

\* *La invención de conceptos y emisión de hipótesis*, (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones susceptibles de ser sometidas a prueba).

\* *La elaboración de estrategias de resolución* (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para contrastar las hipótesis, a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone.

\* *La resolución y el análisis de los resultados*, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de estudiantes y por la comunidad científica. Ello puede convertirse en *oportunidad de conflicto cognoscitivo entre distintas concepciones (tomadas todas ellas como hipótesis)* y obligar a concebir nuevas conjeturas y a replantear la investigación.

\* *El manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones*, poniendo un énfasis especial en las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad que enmarcan el desarrollo científico (propiciando, a este respecto, la toma de decisiones).

Se insiste, además, en la necesidad de dirigir todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene toda ciencia, favoreciendo, para ello, las *actividades de síntesis* (esquemas, memorias, recapitulaciones, mapas conceptuales...), la *elaboración de productos* (susceptibles de romper con planteamientos excesivamente escolares y de reforzar el interés por la tarea) y la *concepción de nuevos problemas*.

Es conveniente remarcar que *las orientaciones precedentes no constituyen un algoritmo* que pretenda guiar paso a paso la actividad de los alumnos, sino indicaciones genéricas que llaman la atención sobre aspectos esenciales en la construcción de conocimientos científicos que, a menudo, no son suficientemente tenidos en cuenta en la enseñanza de las ciencias. Nos referimos tanto a los aspectos conceptuales como a los metodológicos, a los problemas de contextualización del trabajo científico (relaciones CTS, toma de decisiones...) y a los componentes afectivos (interés por la tarea, actitudes, clima de trabajo, etc.).

La alfabetización científica debe ser concebida, en definitiva, como un proceso de *investigación orientada* que, superando el reduccionismo conceptual (Duschl y Gitomer, 1991) permita a los alumnos participar en la aventura científica de enfrentar problemas relevantes y (re)construir los conocimientos científicos (que habitualmente la enseñanza transmite ya elaborados), lo que favorece un aprendizaje más eficiente y significativo, como han mostrado numerosas investigaciones.

Pero, cabe preguntarse, si la investigación e innovación han fundamentado e impulsado todas estas propuestas...¿Cómo es que estos avances no se traducen en mejoras generalizadas de la enseñanza de las ciencias y en una atractiva alfabetización científica para todos? Abordaremos esta cuestión fundamental en el último apartado de esta breve aproximación a cómo lograr la alfabetización científica de los ciudadanos y ciudadanas.

### **Algunos obstáculos a superar**

Quizás el primer requisito para hacer avanzar el objetivo de una alfabetización científica, como parte de la educación general de la población, sea transformar las expectativas negativas de parte del profesorado y de la sociedad en lo que respecta a la extensión de la escolarización obligatoria (Gil y Vilches, 1999). Es preciso, en efecto, comprender la incoherencia que supondría apostar por la alfabetización científica de los ciudadanos y ciudadanas y, al mismo tiempo, contemplar con aprensión la extensión de la escolarización obligatoria hasta la educación secundaria, que constituye la etapa fundamental, insistimos, para plantear la alfabetización científica de los futuros ciudadanos y ciudadanas.

Es preciso referirse, a este respecto, a la preocupación social generada por una prolongación en dos años de la permanencia en el sistema educativo de muchos jóvenes que, se afirma, no tienen ningún interés por el estudio de materias como la Física o la Química. Ello, se añade, ha empezado a generar graves problemas de indisciplina (se habla de “objectores” e incluso de “insumisos” escolares) que impiden a los buenos estudiantes aprovechar la enseñanza y se traduce en falta de preparación de quienes acceden a la Universidad. Naturalmente, no se trata de algo que se circunscriba al “caso español”. Fenómenos similares se viven en muchos otros países, con consecuencias igualmente graves.

Problemas como éstos están provocando que algunos se pregunten si no nos estaremos equivocando al llevar el proceso de “democratización” de la enseñanza más allá de lo razonable, obligando a escolarizar a jóvenes sin interés o capacidad. ¿Acaso –se preguntan- el estudio de las ciencias no constituye una actividad de alto nivel cognitivo que es absurdo pretender extender a todo el mundo?

¿Qué decir de opiniones como éstas? Se expresan, en general, con gran seguridad, como *explicaciones*, aparentemente incuestionables, de las dificultades que la enseñanza de las ciencias está encontrando en todos los niveles educativos. Ahora bien, resultaría lógico que, como científicos, comenzáramos por dudar de lo que parece obvio y no nos conformáramos con las simples *justificaciones* de las dificultades. Se trataría, por el contrario, de concebir estos hechos como *desafíos*, es decir, como problemas a estudiar.

Esto es algo que los científicos han hecho sistemáticamente, a lo largo de la historia, enfrentándose a concepciones que se defendían con la contundencia de lo que parece “obvio” y el dogmatismo de quienes se creían poseedores de la verdad. ¿No convendría extender esta actitud de duda sistemática a los problemas de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, en vez de contentarse con simples justificaciones?

Quizás lo primero a hacer, a este respecto, sea ampliar nuestra mirada más allá del aquí y ahora y evitar lo que Linn (1987) ha denominado “la amnesia crónica” que ha caracterizado la innovación e investigación educativas. Una amnesia que ha conducido, a menudo, a reincidir en explicaciones y en propuestas que han mostrado ya sus limitaciones.

Puede ser interesante, en este sentido, recordar a quienes cuestionan la actual ampliación de la educación secundaria –y ven en ella el origen de una degradación inaceptable- que, a mediados de este siglo, todavía existía en España, y en muchos otros países, un “examen de ingreso” que, a los 10 años (¡), determinaba quiénes podían seguir estudios secundarios y quiénes no. La supresión de ese examen generó mayores inquietudes y las mismas catastrofistas predicciones que la actual escolarización hasta los 16 años. Y, sin embargo, la sociedad y el sistema educativo acabaron asimilando positivamente aquella ampliación de la educación y nadie parece sostener hoy la conveniencia de volver atrás y que a los 10 años se decida quién puede seguir estudiando y quién ha de conformarse con aprender a leer y escribir y las cuatro reglas. ¿No podría ocurrir lo mismo con la actual ampliación de la escolaridad y de la educación científica?

Pero, si eso no basta para hacernos dudar, para cuestionar las pesimistas expectativas con que suelen recibirse los avances en la democratización de la educación, podemos remontarnos algo más lejos, al siglo pasado -cuando sólo una ínfima minoría aprendía a leer y a escribir- y recordar el rechazo de las fuerzas vivas de la sociedad a la extensión de la educación a las capas populares. Merece la pena recordar la argumentación del Presidente de la Royal Society inglesa para oponerse, con éxito, en 1807, a la creación de las escuelas elementales en todo el país (Cipolla, 1970):

“En teoría, el proyecto de dar una educación a las clases trabajadoras es ya bastante equívoco y, en la práctica, sería perjudicial para su moral y su felicidad. Enseñaría a las gentes del pueblo a despreciar su posición en la vida en vez de hacer de ellos buenos servidores en agricultura y en los otros empleos a los que les ha destinado su posición. En vez de enseñarles subordinación les haría facciosos y rebeldes, como se ha visto en algunos condados industrializados. Podrían entonces leer panfletos sediciosos, libros peligrosos y publicaciones contra la Cristiandad. Les haría insolentes ante sus superiores; en pocos años, el resultado sería que el gobierno tendría que utilizar la fuerza contra ellos”.

Esta argumentación tuvo éxito momentáneo y retrasó el proceso de alfabetización en el Reino Unido. Fue la victoria de sectores sociales que no escondían sus planteamientos clasistas. Pero fue una victoria puntual, insostenible a largo plazo, que tuvo que dejar paso al proceso incontenible de la alfabetización básica en un número creciente de países (aunque, desgraciadamente, dicha alfabetización esté lejos de haberse completado a escala planetaria).

Conviene recordar, pues, que la inmensa mayoría de quienes hemos pasado por la Universidad en la segunda mitad de este siglo somos descendientes de aquéllos a quienes las voces más autorizadas negaron, el siglo pasado, el derecho a la escuela primaria. *Somos deudores de una escolarización obligatoria* que sacó a los niños (aunque tan solo de algunos países) de las minas de carbón, de las fábricas de tejidos, del trabajo de sol a sol en el campo o de la mendicidad. Insistimos en ello porque algunos critican demagógicamente el concepto de escolarización obligatoria, como si se tratara de una "imposición autoritaria" a felices criaturas que podrían seguir jugando en su Jardín del Edén... cuando, en realidad, se trata de una *obligación para la sociedad* de respetar el derecho de los niños y niñas a recibir una educación liberadora, renunciando a utilizarlos como mano de obra.

Quizás estos breves apuntes históricos nos ayuden a reflexionar sobre los actuales temores y rechazos a la extensión obligatoria de *una misma* Educación Secundaria... y a comprender que se trata de una nueva conquista social, que hará posible, entre otras

cosas, la alfabetización científica del conjunto de la población y de la que acabarán beneficiándose miles y miles de jóvenes, al igual que nosotros nos hemos beneficiado de pasados –e igualmente criticados- avances de la escolarización.

Para que la alfabetización científica de los futuros ciudadanos y ciudadanas se convierta en una realidad es preciso superar las actuales expectativas negativas de buena parte del profesorado hacia la ampliación de la escolaridad obligatoria. Precisamente, uno de los resultados más notables de la *effective school research* (Rivas, 1986) fue que el funcionamiento de las "escuelas eficaces" estaba caracterizado por las *altas expectativas que los profesores de dichos centros poseían y transmitían a sus alumnos*, así como por el seguimiento y apoyo constante a su trabajo. Todo parece indicar, pues, que las dificultades actuales son debidas, al menos en parte, a un clima generalizado de desconfianza y rechazo que está generando expectativas negativas entre los profesores y los propios estudiantes y, por tanto, en aceptación del fracaso de muchos de ellos como algo "natural"... y en una creciente reivindicación de los contenidos y metas del currículo tradicional (Pozo, 1997).

Estas expectativas negativas se ven reforzadas por un sentimiento generalizado de frustración que comienza a extenderse entre los investigadores, los diseñadores y responsables de las reformas curriculares inspiradas en los hallazgos de la investigación y entre el mismo profesorado que confiaba en dichas transformaciones para hacer frente a las crecientes dificultades de su tarea (Gil, Furió y Gavidia, 1998). Ello constituye, a nuestro entender, un segundo gran obstáculo para el éxito de las transformaciones progresistas del sistema educativo y, en particular, para el logro de la alfabetización científica de *toda* la población que aquí nos ocupa.

En efecto, es preciso señalar que esta decepción revela la persistencia de una visión bastante simplista de los cambios curriculares y de la formación del profesorado... que quizás muchos compartíamos: la idea de que bastaría presentar a los profesores y profesoras las nuevas propuestas, fundamentadas en investigaciones rigurosas, para que dichas propuestas fueran aceptadas y aplicadas (Briscoe, 1991; Bell, 1998). La reciente investigación sobre formación del profesorado ha cuestionado ésta y otras optimistas (pero ingenuas) expectativas, obligando a replantear a fondo las estrategias de innovación curricular y de formación del profesorado. Precisamente, una de las críticas fundamentales que se ha hecho a los procesos de renovación curricular ha sido la escasa atención prestada, hasta prácticamente los años 90, al papel jugado por el profesorado en dicho proceso (Anderson y Mitchener, 1994; Mumby y Russell, 1998).

Como ha mostrado, entre otros, Cronin-Jones (1991), los diseñadores de currículos no suelen tener en cuenta la fuerte influencia de las concepciones de los profesores en el proceso de llevar los diseños curriculares a la práctica. Dicho en forma positiva, para emprender un replanteamiento global de la enseñanza de las ciencias, se precisa cuestionar concepciones docentes cuya importancia en la actividad del profesorado puede ser tan relevante o más que las preconcepciones de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias (Hewson y Hewson, 1987). Así, comienza hoy a comprenderse que los profesores tenemos ideas, actitudes y comportamientos sobre la enseñanza debidos a una larga formación "ambiental", en particular durante el periodo en que fuimos alumnos. Se trata de concepciones que ejercen una notable influencia, por responder a experiencias reiteradas y adquirirse de forma no reflexiva, como algo natural, obvio, "de sentido común", escapando así a la crítica y convirtiéndose, insistimos, en un verdadero obstáculo para el cambio (Gil y otros, 1991; Salinas, Cudmani y Jaén, 1995).

De hecho, el estudio de las “preconcepciones docentes” sobre el proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias y sobre la misma naturaleza de la actividad científica se ha convertido en una línea de investigación prioritaria (Bell, 1998). Pero no basta con tener en cuenta dichas concepciones para lograr la apropiación por los profesores de las adquisiciones de la investigación e innovación didáctica: la investigación ha mostrado la escasa efectividad de *transmitir* al profesorado las propuestas de los expertos para su aplicación. Como ha indicado Briscoe (1991), es necesario que los profesores *participemos en la construcción* de los nuevos conocimientos didácticos, abordando los problemas que la enseñanza nos plantea. Sin esa participación, no sólo resulta difícil que los profesores y profesoras hagamos nuestros y llevemos eficazmente adelante los cambios curriculares y toda la innovación fundamentada en rigurosas investigaciones, sino que *cabe esperar una actitud de rechazo* (Gil, Furió y Gavidia, 1998).

En consecuencia, la estrategia que parece potencialmente más fructífera para que los profesores, de todos los niveles, nos apropiemos de las aportaciones de la investigación didáctica y asumamos las propuestas curriculares que se derivan, consistiría en implicarnos en tareas de innovación/investigación en torno a los problemas de enseñanza/ aprendizaje de las ciencias que nos plantea la actividad docente. No se trata, claro está, de que cada profesor o grupo de profesores tenga que construir aisladamente, por sí mismo, todos los conocimientos didácticos elaborados por la comunidad científica, sino de que participe en la reconstrucción/apropiación de dichos conocimientos contando con la ayuda necesaria, pero sin recurrir a una ineficaz transmisión de los mismos. Sólo así los profesores podremos apropiarnos las aportaciones de la investigación didáctica; y sólo así esta investigación pasará a ser debidamente valorada y podrá ejercer una influencia real en las aulas, contribuyendo a superar las “evidencias” bloqueadoras, como las que hemos analizado en este trabajo y haciendo posible la educación científica para todos.

Esta estrategia de *autoformación colectiva* constituye, hemos de reconocer, una desiderata difícil de implementar. Lo ideal sería que existiera ya una tradición de trabajo colectivo en el profesorado, con equipos capaces de incorporar a las nuevas generaciones docentes y de facilitarles, a través del trabajo común, la formación necesaria (como ocurre en cualquier tarea con aspiración científica). Pero es obvio que hoy apenas existen tales equipos y que no pueden improvisarse ni constituirse “por decreto”, cuando falta, en el profesorado, la tradición del trabajo científico (Porlán, 1998).

Esta dificultad está relacionada con otra “evidencia”, generalmente aceptada por la sociedad y las mismas autoridades académicas, a la que nos referiremos para terminar esta breve revisión de los obstáculos con los que se enfrenta la idea de una alfabetización científica para todos: la que supone aceptar que la tarea docente consiste, casi exclusivamente, en el trabajo en el aula ante los estudiantes. *Para un trabajo docente eficaz es imprescindible la facilitación del tiempo y las condiciones materiales necesarias para la preparación y seguimiento del trabajo en el aula o para participar en actividades de innovación e investigación educativas*. Se trata, no podemos ocultarlo, de un objetivo extremadamente exigente desde muchos puntos de vista (incluido el presupuestario) y, por tanto, solidario de una profunda reconsideración del papel de la educación en nuestras sociedades (Gil, Furió y Gavidia, 1998; Pozo y otros, 1998). Una reconsideración que se impondrá en la medida en que la sociedad comprenda, no sólo el papel esencial que en su desarrollo juega la educación -y, en particular, la educación científica- sino también su complejidad y la necesidad de crear condiciones adecuadas.

Hemos de ser conscientes, en definitiva, *para seguir avanzando*, de las muchas dificultades y de que no existen soluciones fáciles... pero también de que dichas soluciones son posibles y de que es necesario (¡y gratificante!) trabajar por su consecución.

### Referencias bibliográficas

- AIKENHEAD, G.S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69(4), 453-475.
- ANDERSON, R.D. y MITCHENER, C.P. (1994). Research on science teacher education. En Gabel, D.L (ed), 1994, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. N.Y: MacMillan.
- BAKER, D.R. (1994). Equity Issues in Science Education. En Fraser, B.J y Tobin, K.G. (Eds) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- BELL, B. (1998). Teacher development in Science Education. En Fraser, B.J y Tobin, K.G. (Eds) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber.
- BRISCOE, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teacher change. *Science Education*, 75(2), 185-199.
- BYBEE, R. (1997). Towards an Understanding of Scientific Literacy. En GRAEBER, W., BOLTE, C. (Eds) *Scientific Literacy*. Kiel: IPN.
- BYBEE, R. Y DEBOER, G.B. (1994). Research on goals for the science curriculum. En Gabel, D.L. *Handbook of Research en Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan P.C.
- CIPOLLA, C. (1970). *Educación y desarrollo en occidente*. Barcelona: Ariel.
- CRONIN-JONES, L.L. (1991). Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 235-250.
- DEBOER, G.B. (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.
- DECLARACIÓN DE BUDAPEST (1999). *Marco general de acción de la declaración de Budapest*, <http://www.oei.org.co/cts/budapest.dec.htm>.
- DUSCHL, R. y GITOMER, D. (1991). Epistemological Perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 839- 858.
- FENSHMAN, P. (1988). Approaches to the teaching of STS in science education. *International Journal of Science Education*, 10(4), 346-356.
- FERNÁNDEZ, I. (2000). Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universitat de València.
- FOUREZ, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.
- FRASER, B. y TOBIN, K.G. (Eds) (1998). *International Handbook of Science Education* London: Kluber Academic Publishers.
- FURIÓ, C. y VILCHES, A. (1997). Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones ciencia, tecnología y sociedad. En del Carmen, L. (Ed), *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GABEL, D.L. (ed) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* N.Y.: MacMillan Pub Co.

- GIL, D., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ, C., GALLEGO, R., GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., PESSOA DE CARVALHO, A. M<sup>a</sup>, SALINAS, J., TRICÁRICO, H. y VALDÉS, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las ciencias*, 17(3).
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MTNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GIL, D., FURIÓ, C. y GAVIDIA, V. (1998). El profesorado y la reforma educativa en España. *Investigación en la Escuela*, 36, 49-64.
- GIL, D. y VILCHES, A. (1999). Problemas de la educación científica en la enseñanza secundaria y en la universidad: contra las evidencias. *Revista Española de Física*, 13(5), 10-15.
- GIORDAN, A. (1997). ¿Las ciencias y las técnicas en la cultura de los años 2000? *Kikirikí*, N<sup>o</sup> 44-45, pp 33-34
- HEWSON, P.W. y HEWSON, M.G. (1987). Science teachers' conceptions of teaching: implications for teachers education. *International Journal of Science Education*, 9(4), 425-440.
- 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.
- LINN, M.C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (3), 191-216.
- MARCO, B. (2000). La alfabetización científica. En Perales, F. Y Cañal, P. (Eds.): *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 141-164. Alcoi: Marfil.
- MARCHESI, A. (2000). Un sistema de indicadores de desigualdad educativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 23, 135-163.
- MEMBIELA, P. (1997). Alfabetización científica y ciencia para todos en la educación obligatoria. *Alambique*, 13, 37-44.
- MUMBY, H. y RUSELL, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science. En Fraser, B.J. y Tobin, K.G (Eds) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- PERALES, J. y CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*. Alcoi: Marfil.
- PORLÁN, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 175-185.
- POZO, J.I. (1997). La crisis de la educación científica ¿volver a lo básico o volver al constructivismo? *Alambique*, 14, 91-104.
- POZO, J. I., SCHEUER, N., PÉREZ ECHEVERRÍA, M.P. y MATEOS, M. (1998). El cambio de las concepciones de los profesores sobre el aprendizaje. En Sánchez Jiménez JM, (Ed). *Educación científica*, 29-53. Alcalá de Henares: Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá.
- REID, D.V. Y HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.
- RIVAS, M. (1986). Factores de eficacia escolar: una línea de investigación didáctica. *Bordón*, 264, 693-708.
- SALINAS, J., CUDMANI, L. y JAÉN, M. (1995). Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias fácticas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 17(1), 55-61.

SIMPSON, R.D. y otros. (1994). Research on the affective dimension of science learning. En Gabel, D.L (ed), 1994, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. N.Y.: MacMillan Pub Co

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386.